KLINIK DER PSEUDARTHROSE DER RÖHRENKNOCHEN

Lars Qvick

1972

Aus der Chirurgischen Klinik der Universität München

Direktor: Professor Dr. Dr. R. Zenker

Klinik der Pseudarthrose der Röhrenknochen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin

verfasst und einer Hohen Medizinischen Fakultät

der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Lars Qvick

aus

Karlskoga

Jahr

1972

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät

der Universität München

Berichterstatter: Privat-Dozent Dr.med. R. Bedacht

Mitberichterstatter: Professor Dr. Dr. R. Zenker

Dekan: Professor Dr.med. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 4. Juli 1972

DISSERTATIONS – und FOTODRUCK FRANK oHG
8000 München 2 · Gabelsbergerstr. 15 · Tel.: 2 80 90 90

Für die freundliche Ueberlassung des Themas

danke ich Privat-Dozent Dr.med. R. Bedacht

Meinen lieben Eltern und Grosseltern

in Dankbarkeit gewidmet

Inhalt

	Seite
Definition der Pseudarthrose	1
Einteilung der Pseudarthrosen	3
Die normale Frakturheilung	5
Pathogenese der Pseudarthrose	13
Diagnose	20
Therapie	22
Eigene Methoden und Ergebnisse	33
Fallübersicht	57
Zusammenfassung	66
Literaturhinweise	70

Definition der Pseudarthrose

Das Wort Pseudarthrose setzt sich aus den beiden griechischen Wörtern Pseudo = falsch und Arthros = Gelenk zusammen, wörtlich also Falschgelenk, das entspricht auch ungefähr, was man heute unter dem Begriff Pseudarthrose zu verstehen hat. Eine Pseudarthrose liegt vor, wenn ein Knochen nach einer Fraktur seine natürliche Festigkeit nicht wieder erlangt, so dass mehr oder weniger ausgeprägte pathologische Bewegungen an der Fraktur möglich sind.

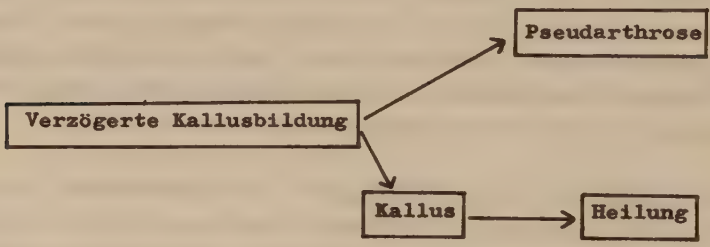
W. Block hat die Pseudarthrose wie folgt definiert: "Die Pseudarthrose ist ein Zustand, der sich nach einer Fraktur des Knochens einstellt, der eine knöcherne Konsolidierung klinisch und röntgenologisch vermissen lässt, und bei dem das Aufhören der Regenerationsfähigkeit durch Markraumverknöcherung und Sklerosierung der Frakturenden nachzuweisen ist."

In der Klinik ist aber die Diagnose der Pseudarthrose durchaus nicht so einfach wie es diese Definition vielleicht vermuten lässt. Die grosse Schwierigkeit besteht in der Abgrenzung der Pseudarthrose von der verzögerten Frakturheilung, auch verzögerte Kallusbildung genannt.
Sander und Staude meinen, dass eine Differenzierung zwischen der Pseudarthrose und der verzögerten Konsolidierung erst dann möglich ist, wenn die knöcherne Abdeckung des Markraumes vollzogen ist. Dies ist natürlich richtig und leicht einzusehen, wenn man festhält, dass die verzögerte Kallusbildung kein Endzustand ist (Witt). Die verzögerte Kallusbildung ist nur eine Entwicklungsstufe und führt entweder zur Heilung oder zur Pseudarthrose. In Abbildung 1 (Seite 2) ist dies dargestellt.

Die ausgeprägteste Form der Pseudarthrose ist die Nearthrose, das Neugelenk. Hier sind anatomisch-histologisch alle Bestandteile eines normalen Gelenkes vorhanden: die beiden Knochenenden abgeschliffen und mit Faserknorpel überzogen. Wir finden

eine bindegewebige Kapsel und in dem Frakturspalt eine fadenziehende, Synovia entsprechende Flüssigkeit. Diese Form der Pseudarthrose ist aber selten zu sehen. Einerseits bildet sich aus der Pseudarthrose in den meisten Fällen nicht ein echtes Neugelenk und vor allem greift man heutzutage in der Regel operativ ein zu einem Zeitpunkt, zu dem sich die Nearthrose noch nicht ausgebildet hat. Nur eine über längere Zeit bestehende ungenügend oder unbehandelte Pseudarthrose kann sich zu einer Nearthrose entwickeln.

Abbildung 1



Einteilung der Pseudarthrosen

Pathologisch-anatomisch werden die Pseudarthrosen nach Witt, Keil u.a. wie folgend eingeteilt:

1. Die straffe Pseudarthrose
2. Die schlaffe Pseudarthrose
3. Die Defektpseudarthrose

Zu 1.: Der kleine Bruchspalt ist bei den s t r a f f e n Pseudarthrosen mit derbem Bindegewebe überbrückt. Die Fragmente stehen oft fest aufeinander. Die Markhöhlen sind abgedeckelt und nur sehr kleine Bewegungen sind möglich. Dieser Pseudarthrosetyp kommt vornehmlich bei wenig belasteten Knochen vor, bei denen die Pseudarthrose keinen grösseren Kräfteeinwirkungen ausgesetzt wird. So z.B. bei Claviculärpseudarthrosen. Eine Therapie erübrigt sich meist, da die Patienten so gut wie beschwerdefrei sind.

Zu 2.: Die s c h l a f f e Pseudarthrose hat einen breiten Spalt, der mit einer weichen Masse ausgefüllt ist. Um die Pseudarthrose kann sich kapselähnliches Bindegewebe gebildet haben. Die Markhöhlen sind knöchern abgedeckelt. Diese Pseudarthrose kann eine echte Nearthrose bilden. Oft liegen grössere Achsendeviationen vor. Die Bewegungen können erheblich sein und mit oder ohne Schmerzauslösung erfolgen. Die betreffende Extremität ist kraftlos und der Patient beschreibt eine oft undefinierbare Unsicherheit beim Gebrauch dieses Gliedes. Eine Behandlung ist ausnahmslos erforderlich. Als Nothilfe oder bei älteren Patienten kann der orthopädische Apparat Hilfe verschaffen.

Zu 3.: Bei der D e f e k t pseudarthrose besteht zwischen den Fragmenten ein grösserer Abstand. Der Spalt ist oft bindegewebig ausgefüllt und in dem Bindegewebe sind manchmal Knorpel- oder sogar Knochenbälkchen zu finden.

Dieser Pseudarthrosetyp entsteht vornehmlich nach Schussverletzungen oder nach infizierten Frakturen, wobei es zur Sequesterbildung kam. Eine erhebliche Deformität ist meist die Folge und macht eine Behandlung erforderlich.

Für den klinischen Gebrauch wäre vielleicht eine andere Einteilung praktischer, z.B.:

1. Genuine Pseudarthrosen
2. Defektpseudarthrosen
3. Angeborene Pseudarthrosen

Diese drei Pseudarthrosegruppen haben eine grundsätzlich verschiedenartige Aetiologie, die bei der Behandlung natürlich berücksichtigt werden muss. Und gerade das macht diese grobe Einteilung für die Klinik nützlich.

Eine weitere gewöhnliche Einteilung der Pseudarthrosen ist die Trennung zwischen atrophischen (areaktiven, anämischen) und hypertrophischen (reaktiven, hyperämischen) Pseudarthrosen, wobei man sich auf den Reaktionstyp des Knochens bezieht. Diese Pseudarthrosegruppen sind röntgenologisch meist leicht zu differenzieren und besitzen ebenfalls bei der Wahl des einzuschlagenden Therapieweges Bedeutung.

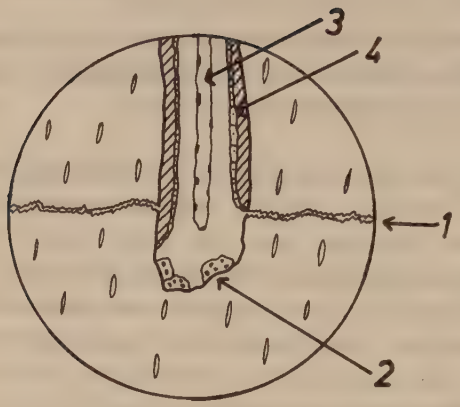
Die normale Frakturheilung

Die Pseudarthroseentstehung ist eine pathologische Abweichung der normalen Frakturheilung. Deshalb ist es unumgänglich, die normale Frakturheilung zu beschreiben.

Unter Verhältnissen, wie sie fast nur bei der Druckosteosynthese zu erreichen sind, also bei exakter Adaptation ohne Bruchspalt unter Druck und absoluter Ruhigstellung, läuft die Bruchheilung nach Schink, Kromprechter folgendermassen ab:
Eine gute Woche nach dem Unfall setzt die peri- und endostale Osteoplasie ein. Die durch die periostale Osteoplasie gebildete Kallusmanschette, die den Frakturspalt umschliesst, verhindert, dass nichtspezifische Gewebe aus der Umgebung in den Bruchspalt eindringen.
Die spezifische Infiltration erfolgt über das Haver'sche Kanalsystem. Dadurch wird ein schon primär statisch ausgerichteter lamellärer Knochen den Bruch konsolidieren.
Aus dem Periost der Markhöhle und aus den Haver'schen Kanälen bewegen sich mehrkernige Osteoklasten in Richtung zum Bruchspalt und dringen schliesslich in das gegenüberliegende Frakturstück ein. In die so gebildeten neuen Kanäle schiessen die sich neu bildenden Gefässe ein; diese Gefässe folgen auch Osteoblasten, die neue Osteone aufbauen. Ein solcher Osteoblastenkanal ist in Abbildung 2 (Seite 6) zu sehen. Diese Osteone sind schon statisch ausgerichtet und werden bei der Ueberbrückung des Bruchspaltes die beiden Fragmente fest verbinden.

Diese Art der Frakturheilung war eine sehr selten vorkommende Heilung, die aber seit Einführung der Druckosteosynthese immer wieder zu sehen ist. Man nennt diese Heilung die direkte, kalluslose oder primäre Frakturheilung. Der Ausdruck "primäre Frakturheilung" ist aus der Allgemeinen Chirurgie übernommen worden. Da "Kallus" Narbe bedeutet, hat man die kalluslose Heilung primär und die Heilung mit periostalem Kallus sekundäre Frakturheilung genannt. Bei den Frakturen kommt also überwie-

Abbildung 2

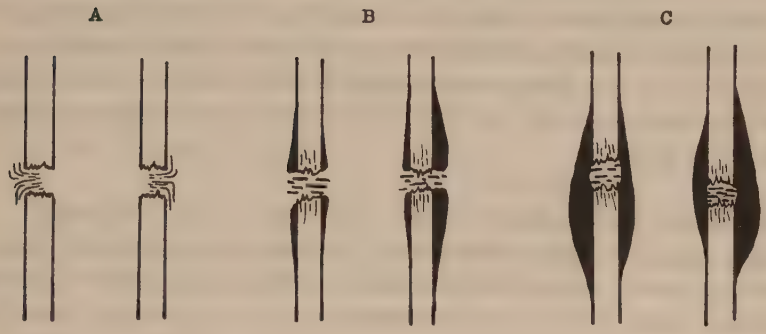


(Nach Schenk, Willenegger). Kompakter Knochen mit schmalem Frakturspalt (1). Ein feiner Kanal wird von abbauenden Osteoklasten (2) gebildet. In ihn sprosst ein Gefäss (3) ein, das von osteoidbildenden Osteoblasten (4) gefolgt wird.

gend die Sekundärheilung vor, d.h. bei allen Frakturen, die nach Reposition die oben genannten Bedingungen nicht erfüllen. In diesen Fällen werden von dem Periost Faserknochenbälkchen gebildet, die nicht statisch ausgerichtet sind. Hier dringt auch unspezifisches Bindegewebe in den Frakturspalt ein und füllt diesen völlig aus. Das unspezifische Gewebe bildet auch Knochen, deren Fasern aber nicht parallel, sondern senkrecht zu den Osteonen der Fragmentstücke verlaufen. So wird die spannungsgerechte Verzahnung der beiden Bruchstücke verhindert. Die Festigkeit dieser Fraktur wird dadurch erreicht, dass sich um den Spalt herum sowohl proximal als auch distal davon eine dicke Kallusmanschette bildet, die den minderwertigen Frakturspaltkallus unterstützt. Abbildung 3 (Seite 7) zeigt diese Art der Frakturheilung.
Schink beobachtete diesen Heilungstyp regelmässig in Tierversuchen bei einer Bruchspaltenweite von nur 0,5 mm an.

Bis jetzt haben wir uns nur den lokalen Verhältnissen gewidmet; es gibt aber ausserdem eine Vielfalt von Milieufaktoren, die einen entscheidenden Einfluss auf die Frakturheilung ausüben. R.W. Young, H.P. Vittali u.a. haben die Zelle als ein datenverarbeitendes System aufgefasst. Die Zelle empfängt eine Unzahl von Daten aus der Umgebung, verarbeitet diese im Kern

Abbildung 3 (Nach Schink). Bindegewebe granuliert in den Frakturspalt (A). Das Bindegewebe hat Faserknochen gebildet (B). Die Stabilität ist durch die Kallusmanschette erreicht worden (C).



zusammen mit ihrer Vorinformation die genetische Prägung, und gibt die fertigen "Befehle" an die Zellenorganellen über die Messenger-RNS weiter. Die Produkte der osteogenetischen Zellen sind hauptsächlich Kollagen und Mucopolysaccharide und ihre lytischen Enzyme.

Die Frage, nach welchen nicht mechanischen Faktoren und in welchem Ausmass diese die Frakturheilung beeinflussen, ist nicht sicher beantwortet worden. Thyreoidea und Parathyreoidea sollen mit ihren Einflüssen auf den Ca- und P-Stoffwechsel die Frakturheilung fördern (Baumann, Heller, Zondek). Gestört wird die Frakturheilung dagegen nach Entfernung von Pankreas, Gonaden, Milz und Nebennieren (Kolodny, Marakoni, Schönbauer). Diese Wirkung ist aber sehr wahrscheinlich nicht spezifisch. Dass Vitamin C und vor allem Vitamin D einen positiven Einfluss auf die Heilung ausüben (v. Redwitz), bezweifelt wohl niemand.

Ostapowicz hat unter 260 Pseudarthrosepatienten nur 12 mal Adipositas und 3 mal Diabetes-mellitus feststellen können. Auch Brandes verneint jeden Einfluss der endokrinen Drüsen

auf die Frakturheilung. Dass die Knochenvitalität von einem funktionstüchtigen Nervensystem abhängt, ist bekannt (Atrophie nach Nervenschädigungen). Thorban hat im Tierexperiment festgestellt, dass Frakturen, die ohne Nervenschädigung entstehen, in keinem Fall dystrophische Veränderungen zeigen. Inwiefern das sympathische Nervensystem eine Bedeutung hat, ist jedoch umstritten. Felix hat nach Sympathikusresektionen eine Regenerationsbeschleunigung beobachtet, Lexer dagegen glaubt nicht an eine sympathische Beeinflussung. Brandt meint, dass zu den gesteigerten Aufbauvorgängen ein stärkerer Abbau parallel geht.

Nach einer Röntgenstrahlendosis von 1800 r erliegt nach Ostapowicz das Knochenwachstum. Die üblichen diagnostischen Strahlendosen sollen jedoch keinen nachteiligen Einfluss üben, sondern nach Baron unter Umständen sogar die Heilung beschleunigen können.
Konstitution und Alter sind zwei weitere Faktoren, die sicherlich eine Rolle spielen. Man darf sie aber in diesem Zusammenhang nicht überbewerten. Witt betont, dass die Regenerationskraft der Knochen alter Leute oft erstaunlich gut ist. Abbildung 4 (Seite 9) zeigt die Altersverteilung in dem Material aus dem "Krankengut" der Chirurgischen Klinik München (Anzahl der Patienten = n = 82).
Abbildung 5 (Seite 9) zeigt die Altersverteilung in einem Krankengut von Ostapowicz (Anzahl der Patienten = n = 206).
Aus diesen Statistiken Schlüsse über eine altersbedingte Pseudarthroseneigung ziehen zu wollen, wäre bestimmt falsch. Die Masse der Pseudarthrosen fällt im Alter der Berufsbetätigung an und wenn man weiss, dass die meisten Pseudarthrosen ihren Ursprung in einem Arbeits- oder Verkehrsunfall haben, wundert man sich nicht über die Spitze der 20 - 30jährigen in unserem Material.
Ein Bericht des "Bureau of Public Roads USA" von 1964, der auf der Analyse von 10000 Autounfällen basiert, zeigt ein Maximum der Unfälle bei Fahrern um das 20. Lebensjahr, das erst wieder im 8. Lebensjahrzehnt erreicht wird. Da aber die Zahl der über 70jährigen Fahrer wesentlich kleiner als die der 20jähri-

gen ist, liegen die absoluten Zahlen der älteren Gruppe wesentlich niedriger.

Die Statistik von Herner, veröffentlicht 1968, die 44.585 Verkehrsunfälle umfasst, zeigt, dass 40 % aller Fahrertote aus den Jahresklassen der 16 - 25jährigen stammen. Ostapowicz's Krankengut erstreckt sich auf die Jahre 1937 - 1957 und erfasst die heutige Verkehrsdichte deswegen nicht so wie unseres aus den Jahren 1965 - 1969.

Zahl der Pseudarthrosen

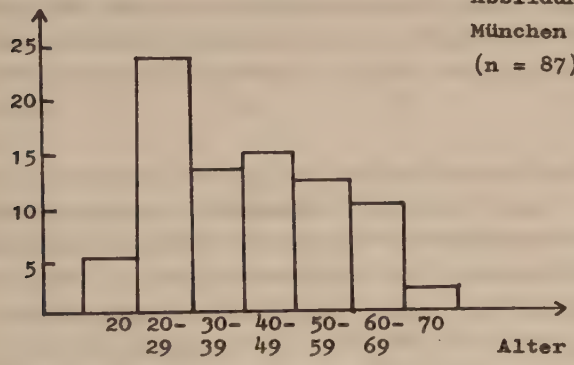


Abbildung 4
München 1965 - 1969
(n = 87)

Zahl der Pseudarthrosen

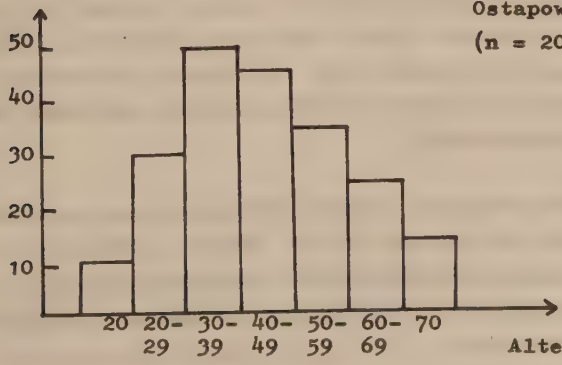


Abbildung 5
Ostapowicz 1937 - 1957
(n = 206)

Die Geschlechtsverteilung war in unserem Krankengut 1,8 : 1 "zugunsten" der Männer, bei Ostapowicz ist das Verhältnis 2 : 1. Bemerkenswert ist, dass diese beiden Werte, sie entsprechen 64 bzw. 67 % Männer, sehr wohl mit dem Beteiligungsanteil der Männer an allen Arten von Verkehrsunfällen übereinstimmen. Der Anteil der Männer in einem grossen Krankengut von Thorson ist 68 %.

Mit der Tatsache, dass in vielen Fällen eine gewisse "Disposition", "Neigung" oder "Veranlagung" zu Pseudarthrosebildungen vorhanden ist, sind sich die meisten Autoren einig. Niemand hat aber versucht, diese Veranlagung zu definieren und man fragt sich, falls sie nicht einfach das Resultat einer Mehrzahl unterschwelliger bzw. nicht erfasster allgemeiner Faktoren ist.

Ueber die Pseudarthroseverteilung auf die verschiedenen Knochen können wir sagen, dass die Tibiapseudarthrosen am häufigsten sind mit einem Anteil von ca. 25 %. Dicht darauf mit gut 20 % folgen Schenkelhals- und Ulnarpseudarthrosen. Unter den übrigen Knochen bestehen keine signifikante Unterschiede, in ihren Anteilen liegen alle unter 10 %. Abbildung 6 (Seite 11) gibt eine Uebersicht über die prozentuale Verteilung der Pseudarthrosen auf die verschiedenen Röhrenknochen.

Wenn wir uns nun statt der allgemeinen den l o k a l e n Einflüssen auf die Frakturen zuwenden werden, werden wir auch da eine Mehrzahl Faktoren finden, die beim Ablauf der Frakturheilung von grosser Bedeutung sind. Als günstig zu werten sind exakte Reposition, Ruhigstellung, gute Durchblutung und eine gewisse Bruchspannung.

Unter den negativen Momenten kommen nach Schink mechanische Unruhe und Hypoxie am häufigsten vor. Weitere schädigende Faktoren sind Zug, Dreh- und Scherkräfte, Azidose, überstarke Bruchspannung, Infektion. In Abbildung 7 (Seite 11) sind diese Faktoren dargestellt.

Abbildung 6 Prozentuale Verteilung der Pseudarthrosen in unserer und zwei fremden Statistiken. n = Zahl der Pseudarthrosen

	Ostapowicz 1937-1960 n = 271	Schlosser 1959-1966 n = 69	Eigene 1965-1969 n = 87	gesamt n = 427
Clavicula	2	3	22	9
Humerus	7	6	6	6
Ulna	17	-	23	20
Radius	13	20	8	7
Digiti	5	3	9	6
Collum Femoris	26	31	6	21
Femur	6	2	2	3
Tibia	24	34	24	26

Abbildung 7 Die Frakturheilung beeinflussende Faktoren

<u>Positive Faktoren</u>

Exakte Reposition
Ruhe
Gute Durchblutung
Gewisse Bruchspannung
Mineralkortikoide
STH

<u>Negative Faktoren</u>

Unruhe
Hypoxie
Zug-, Scher-, Drehspannungen
Azidose
Infektion
Mineral- und Vitamin-Haushaltstörungen
Glucokortikoide
Kachexie
Hohe Röntgenstrahlendosen

<u>Thorban</u> betont den grossen Einfluss von den umgebenden Weichteilen und macht auf die Sudeck Dystrophie bei Störungen der sanguinen Ernährung aufmerksam. Er hat in Tierexperimenten ge-

zeigt, dass ein direkter Zusammenhang zwischen der nervösen Versorgung des Knochens und dessen Auf- und Abbauvorgänge besteht. Voraussetzung für eine gute Frakturheilung ist die funktionierende Weichteilhülle. Als das erstrebenswerte Ziel jeder konservativen und operativen Knochenbruchbehandlung bezeichnet er die Vermeidung weiterer Weichteilschäden.

Pathogenese

Etwas zugespitzt könnte man sagen, dass die Pathogenese der Pseudarthrose ein noch immer ungelöstes Rätsel ist. In der Tat ist es aber so, dass es "die Pathogenese der Pseudarthrose" nicht gibt, sondern eine Mehrzahl von pathogenetischen Faktoren. Wenn man dann alle die im vorhergehenden Kapitel genannten Faktoren, die die Frakturheilung beeinflussen können, im Gedächtnis hat, wird es klar, wie schwierig es in den einzelnen Fällen werden kann, herauszufinden, welcher Faktor oder welche Faktoren in diesem oder jenem Fall die Pseudarthrose verursacht haben. Doch ist dies keine akademische Fragestellung, sondern sie besitzt grosse klinische Bedeutung, nämlich für die Entscheidung über den einzuschlagenden Therapieweg. Vielleicht liegt auch darin die Antwort auf eine andere Frage, nämlich die, warum die Therapie der Pseudarthrose in manchen Fällen so schwierig ist. Den die Krankheit verursachenden Faktor zu beseitigen, sollte, da wo es möglich ist, erstes Gebot jeder Therapie sein. Wenn man eine Pseudarthrose behandelt, ohne deren Ursache zu kennen, weiss man natürlich nicht, ob diese beseitigt wurde und das Ergebnis wird somit in Frage gestellt.

In der letzten Zeit hat sich bei der Suche nach den Ursachen der Pseudarthrose das Interesse den allgemeinen Faktoren ab- und den lokalen Faktoren zugewandt.

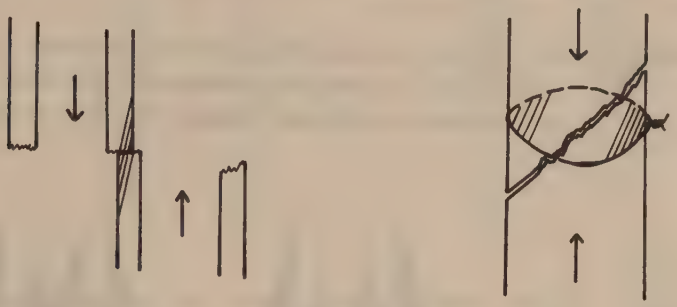
Ueber die Wirkung mechanischer Einflüsse auf die Fraktur bestanden früher sehr geteilte Meinungen. Heute ist man sich aber darüber einig, dass die Ausschaltung jeder auch kleinsten Bewegung im Frakturbereich für die Heilung wenn auch nicht notwendig, so doch sehr förderlich ist. Witt, Brandt, Braun, Lexer, Looser und Pauwels u.a. halten Bewegungen im Frakturbereich für den wichtigsten Faktor der Pseudarthroseentstehung. Die gleiche Wirkung wie die ungenügende Ruhigstellung haben nicht korrekt reponierte Frakturen. Durch die Fehlstellung im Frakturbereich entstehen im Bruchspalt unphysiolo-

gische Kräfte, die von dem Knochen nicht abgefangen werden können. Diese Scher-, Dreh- oder Schubkräfte werden Bindegewebe statt Knochen induzieren und so die Pseudarthrosebildung unterstützen. Eine weitere grosse Gefahr ist die Sperrwirkung des erhaltenen Knochens bei einfachen Frakturen an zweiknochigen Extremitätenabschnitten. Der erhaltene Knochen verhindert hier den richtigen Kontakt zwischen den Frakturstücken und führt ausserdem zu einer funktionellen Fehlbelastung. Die frakturierten Knochenstücke hängen an ihren Gelenkenden sowie die an ihnen Ursprung oder Ansatz nehmenden Muskeln. Der immer schwankende Muskeltonus wird die Fragmente zumindest nie zur Ruhe kommen lassen, wenn er nicht gar, wie es oft der Fall ist, eine Achsenfehlstellung verursacht. Ueber die Auswirkungen von interponierten Geweben herrscht keine einheitliche Meinung (Lexer, Bruns, Ollier und Condray, F. Koenig und Böhler), obwohl die Schulmedizin lehrt, dass Interposition die Pseudarthrosebildung fördert. Für Witt spielt die Interposition nur bedingt eine wichtige Rolle. Als Ausnahme nennt er die Interposition der kräftigen Tibialisanteriorsehne bei distalen Tibiafrakturen. Die Wundinfektion beeinflusst sicher die Frakturheilung, muss aber nicht pseudarthrosefördernd sein, sofern sie nicht zu Knochennekrose und Sequestrierung führt.

Um verstehen zu können, warum nun diese verschiedenen Faktoren die Pseudarthrosebildung verursachen können, müssen wir auf histologische Untersuchungen (W. Schink, R. Schenk, H. Willenegger) zurückgreifen. Wir haben oben gesehen, wie die Zelle befähigt ist, aufgrund Information aus dem umgebenden Milieu in Kombination mit der genetischen Vorinformation verschiedene Produkte herzustellen. So induziert mechanische Unruhe und Hypoxie die Synthese von Chondroblasten, die Knorpel produzieren. Zugspannung induziert Fibroblasten, wodurch Fasergewebe entsteht und bei Azidose oder Spannungsspitzen nach Rehn, also überhöhte Belastung eines Knochenteiles (Abbildung 8 Seite 15) entstehen Osteoklasten, die den überbeanspruchten Knochen abbauen.
Diese Ueberbeanspruchung entsteht da, wo die ganze Belastung

auf einer kleinen Fläche konzentriert ist, so nach schlechter Reposition oder unglücklich angelegter Cerclagen. Abbildung 8 zeigt in 2 Beispielen, wie Spannungsspitzen entstehen können. Die schraffierten Bezirke sind überbeansprucht.

Abbildung 8

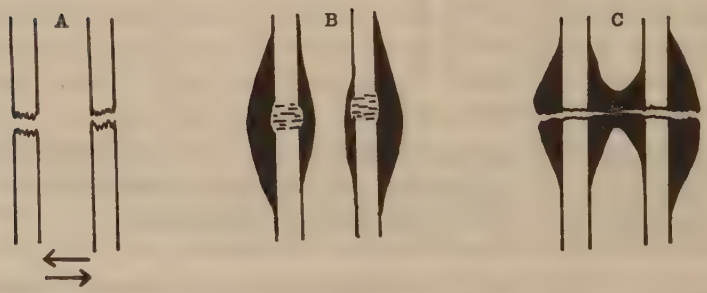


Betrachten wir nun die Fraktur, die nicht ausreichend ruhiggestellt wird, sondern wo ständig kleine oder kleinste Wackelbewegungen oder Verschiebungen vorkommen.

Die im Normalfall den Frakturspalt überbrückende Osteoplasie wird hier nicht auftreten können, da die mechanische Irritation das Syntheseprogramm der Zellen auf andere Bahnen lenken wird, und zwar so, dass statt Osteone bildende Osteoblasten Chondroblasten induziert werden, die Knorpelgewebe erzeugen. Dieser knorpelige Kallus wird so lange produziert, bis seine Induktion erliegt. Das wird der Fall sein, wenn der Kallus durch sein Ausmass die Statik soweit verbessert hat, dass die kleinen Bewegungen und damit auch die Irritation ausgeschlossen ist. Wenn dies erreicht ist, setzt die Osteoplasie ein und die Bruchstücke werden allmählich knöchern verbunden. Im gleichen Masse, wie die Verknöcherung die Stabilität übernimmt, wird der dadurch überflüssig gewordene Kallus abgebaut. Dies ist also die Sekundärheilung eines Bruches, die bei konservativer Behandlung praktisch die einzig mögliche Heilungsform ist, da man mit konservativen Methoden nur im Ausnahmefall exakte Reposition und absolute Ruhe herstellen kann.

Nicht in allen Fällen gelingt es aber, dem Kallus eine ausreichende Stabilität zu verschaffen. Auf diesem Wege entstehen die hypertrophischen Pseudarthrosen, bei den die Enden der Fragmente riesige Kalluspolster bilden können, ohne jedoch die Bewegungsmomente ausschliessen zu können. Abbildung 9 zeigt eine solche Pseudarthroseentstehung.

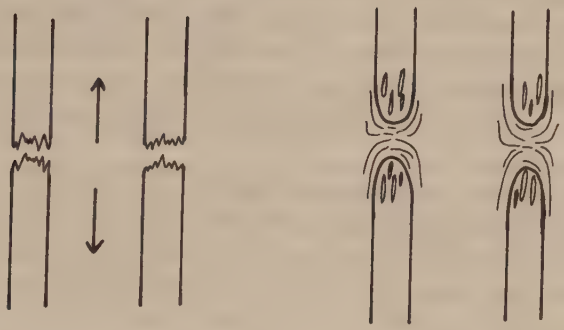
Abbildung 9. Die nicht völlig ruhiggestellte Fraktur (A) heilt unter starker Kallusbildung (B) oder geht in die hypertrophische Pseudarthrose (C) über.



Ein zweites Moment, das sich sehr negativ auf die Frakturheilung auswirkt, ist die Zugspannung. Unter Zug wird fasriges derbes Bindegewebe induziert und da an der Fraktur die Druckspannung fehlt oder richtiger negativ ist, fehlt ein wichtiger Reiz zur Osteoplasie. Statt Knochen füllt derbes Fasergewebe den Frakturspalt und die Knochenneubildung ist sehr gering. Dies ist eine sehr ungünstige Konstellation, die leicht in die atrophische Pseudarthrose überführt, wenn der neugebildete Knochen nicht doch nach längerer Zeit das Fasergewebe durchdringt und den Knochen stabilisiert. Die Entstehung einer solchen atrophischen Pseudarthrose zeigt Abbildung 10 (Seite 17).

Wenn wir jetzt Böhlers harte Worte "Pseudarthrosen sind vermeidbare Behandlungsfolgen" in unseren Ohren klingen hören, müssen wir überlegen: welche Fehler sind es und wie können wir sie vermeiden. In der konservativen Behandlung haben wir

Abbildung 10. Aus der unter Zugspannung stehenden Fraktur entwickelt sich oft die atrophische Pseudarthrose



die ungenügende und nicht genügend lange Ruhigstellung. In diesen Fällen trägt aber oft der Patient selbst die Verantwortung, weil er den frakturierten Knochen zu früh und zu stark belastet hat. Manchmal wird der Gips zu früh entfernt. Böhler hat gefordert, dass die Fixation bis zur abgeschlossenen knöchernen Heilung erfolgen muss. Witt betont, dass auch das Osteoidgewebe sich bei Fehlbelastung zu Bindegewebe statt Knochengewebe weiterentwickeln kann. Wiederholte Korrekturen lassen immer neue Spannungsverhältnisse an der Fraktur entstehen und können den Heilungsvorgang so stören, dass sich eine Pseudarthrose entwickelt. Schon Celsus hielt übrigens den häufigen Verbandswechsel (Unruhe im Frakturbereich) für pseudarthrosefördernd. Die Extensionsbehandlung durch Gewichte am Seilzug bei Lagerung des Beines auf der Braun'schen Schiene lässt auch viele Fehler zu, z.B. zu starke oder zu lange Extension. Nach Witt reicht eine zu starke Extension über 1 oder 2 Tage aus, um eine knöcherne Heilung zu verhindern. Rehn erklärt dies durch die am parossären Gewebe, vor allem der Muskulatur, entstandenen pathologischen Bedingungen. Die wiederholten unbeabsichtigten und oft unwillkürlichen Bewegungen des Beines auf der Braun'schen Schiene sind der Heilung auch nicht förderlich. Der Drahtextensionsgips schliesst zwar Bewegungen

aus, aber hat dafür den Nachteil, dass die Zugspannung schwer zu beurteilen und nicht regulierbar ist. Schlechte Fragmentstellung, besonders Achsenknickungen sind, wie wir gesehen haben, von grosser Bedeutung. Eine Wundinfektion muss in jedem Fall bekämpft werden, und man darf nicht zögern beim geringsten Verdacht auf eine Infektion, einen Gips zu fenstern, um eine eventuell aufgetretene Infektion behandeln zu können.

Die operativen Behandlungsmethoden, die grosse Fortschritte in der Frakturbehandlung gebracht haben, bringen aber bei ungekonnter Handhabe oder bei nicht richtiger Indikation viele Gefahren mit sich. Wenn bei der Marknagelung der Nagel zu kurz oder zu schmal gewählt wird, kann keine ausreichende Stabilität erreicht werden und eine Pseudarthrose ist oft die Folge davon. Die Drahtcerclagen haben sich auch in einer Fülle von Fällen verhängnisvoll ausgewirkt. Sie gewähren keinerlei Stabilität, sondern vermögen bestenfalls die Fragmente am Platz zu halten, verursachen aber eine erhebliche Irritation im umgebenden Gewebe. Wenn ein Cerclagedraht zu fest angezogen wird, kann er die Blutcirculation des Knochens stören. Schon Koenig hat deswegen die Hemicerclage gefordert und sie auch immer statt der Cerclage verwendet. Bürkle de la Camp verlangt, dass die Cerclage immer subperiostal gelegt wird, um das für die Knochenregeneration so wichtige Periost nicht zu beschädigen.

Ueber den Vorgänger der Druckplatte, die Lane'sche Platte, sagt Witt: "Der Hauptfehler dieser Platte ist ihre Anwendung." Die Platte hält zwar die Fragmente am Platz, aber wirkt gleichzeitig wie der oben beschriebene Sperrknochen. Sie schaltet also die Zugspannung aus, so dass im Frakturbereich die gefährliche sogenannte Nullspannung auftritt, unter welcher die Knochenregeneration wegen mangelndem Reiz sehr langsam fortschreitet. Das Risiko, dass die Fraktur über eine Osteoporose in die atrophische Pseudarthrose übergeht, ist gross, zumal die Anbringung der Platte erheblichen Gewebeschaden in der Umgebung verursacht. Nach Böhler ist jede Opera-

tion, die die Fraktur freilegt, schädlich, weil dadurch das Frakturhämatom und andere kallusbildende Gewebe entfernt werden. Nachteilig wirken sich weiter alle Eingriffe aus, die das Periost zerstören (Keil).

Alle operativen Methoden haben den gemeinsamen Nachteil, dass sie die Infektionsgefahr steigern.
Die früher geübte primäre Entsplitterung von Trümmerfrakturen ist auch aus demselben Grund verlassen worden. Grosse Statistiken aus dem ersten Weltkrieg (Franz, Böhler, M. Lange) haben gezeigt, wie verheerend sich diese Entsplitterung oft ausgewirkt hat. Defektpseudarthrosen waren oft die Folge.

Diagnose

Eine Pseudarthrose zu diagnostizieren kann sehr einfach sein, ist es aber in vielen Fällen nicht. In den Fällen, bei denen die Pseudarthrose in der ausgeprägten Form vorliegt und der Patient typische Angaben macht, wo sich die pathologischen Bewegungen klinisch zeigen lassen und wo auf dem Röntgenbild die typischen Auftreibungen der Frakturenden, die knöchernen Abschlüsse der Markhöhlen zu sehen sind, bestehen keine Zweifel.

Die grosse Schwierigkeit besteht in der Unterscheidung zwischen der Pseudarthrose und der verzögerten Frakturheilung, die ja noch zu einer Heilung der Fraktur führen kann, während die Pseudarthrose gemäss der obigen Definition ein Endzustand ist. Eine verzögerte Kallusbildung liegt nach Keil vor, wenn "nach Ablauf der durchschnittlichen Heilungsdauer der Bruch noch beweglich und röntgenologisch keine Kallusbildung festzustellen ist."

Ost, Guleke verlangen, um eine Pseudarthrose diagnostizieren zu können, den knöchernen Abschluss der Markhöhle. Block nennt diesen den "Sargdeckel" der Regeneration. Brandt verlangt weiter, dass eine Unterbrechung des periostalen Kallus und ein deutlicher Bruchspalt vorhanden sein müssen.

Der Zeitpunkt, bei dem ein verzögerter Kallus ausgeschlossen werden kann und bei nicht verheilter Fraktur der Pseudarthrose also feststeht, ist ebenso schwer festzulegen. Wenn aber nach 6 bis 8 Monaten immer noch keine Heilung vorliegt, wird man sicher eine Pseudarthrose diagnostizieren dürfen. Weller schliesst die verzögerte Knochenheilung schon nach 5 Monaten aus, während Müller ab dem 4. Monat von verzögerter Heilung spricht und jede nach 8 Monaten nicht geheilte Fraktur dem englischen "non union" entsprechend, als Pseudarthrose bezeichnet.
Celsus hat wohl damals schon die Unterschiede gekannt, da er

frische Pseudarthrosen mit Ruhigstellung und alte Pseudarthrosen durch Reiben der Fragmente gegeneinander behandelt hat.

In der Klinik spielt diese Frage zum Glück keine wichtige Rolle, da man sich heute meist früh zu einem operativ stabilisierenden Eingriff entschliesst, um den Leidensweg des Patienten abzukürzen, auch wenn die differentialdiagnostische Fragestellung, verzögerte Frakturheilung oder Pseudarthrose nicht endgültig geklärt ist.

Therapie

Wie immer ist auch in diesem Fall die Prophylaxe die beste Therapie und die beste Pseudarthroseprophylaxe ist die gute Frakturbehandlung. Aus der Tatsache, dass es Pseudarthrosen gegeben hat seit dem es Knochenbrüche gibt, ergibt sich, dass die Pseudarthrosebehandlung ein sehr altes Problem ist. Die grosse Vielfalt der vorgeschlagenen Behandlungsmethoden zeigt, dass die Behandlung schwierig gewesen ist und dass eine optimale Methode nicht entwickelt werden konnte. Prinzipiell unterscheidet sich die Pseudarthrosebehandlung sehr wenig von der normalen Frakturbehandlung. Da die Pseudarthrose meist als Folge einer unzulänglichen Frakturbehandlung entsteht, genügt es auch meist, eine korrekte Bruchbehandlung durchzuführen und die Pseudarthrose wird abheilen. Allenfalls bei der atrophischen und der Defektpseudarthrose muss die Regenerationskraft angeregt bzw. die Lücke beseitigt werden.

In früheren Zeiten konnte man die Pseudarthrose nur dadurch diagnostizieren, dass der Bruch auch nach längerer Zeit seine Stabilität nicht wieder erlangt hatte. Man hat dies auf mangelnde Regenerationskraft zurückgeführt. Der Grundgedanke der früheren Therapie war es deswegen, die erlahmte Regeneration wieder in Gang zu bringen.

Schon Celsus wollte die Regenerationskraft dadurch wecken, dass er die Bruchstücke gegeneinander gerieben hat.

Als der beste Reiz wird auch heute die Bruchhyperämie gehalten (Böhler). Lexer hat 1912 die künstliche Hyperämie der Fraktur vorgeschlagen.

Bier hat die subperiostale Eigenblutinjektion eingeführt. Weiter hat man an Injektion von Fibrin, Natriumglykokollphosphat, Knochenautolysate, Periostemulsion, Alkohol, Milch- und Karbolsäure versucht. Köhler u.a. wollten eine Tiefenhyperämie durch Röntgentiefbestrahlung erreichen. Roeren hat die Extre-

mität gestaut und gleichzeitig extern mit einer Lösung von Amoniumchlorid 100.Syr.simpl. 100 Aqua dest. 300 behandelt. Diese Behandlung soll sogar den Markdeckel auflösen können.

Ein bestehender Vitaminmangel sollte natürlich behoben werden, genauso wie Entgleisungen des Hormon- oder Elektrolythaushaltes.
An erster Stelle steht aber die Herstellung einer absoluten Ruhe im Frakturbereich. Mit den Fortschritten in der operativen Behandlung sind die konservativen Behandlungsmethoden heute verlassen worden. Witt meint dagegen, dass es zweifelhaft ist, ob eine konservative Methode jemals eine voll ausgebildete Pseudarthrose zu heilen vermochte. In den geheilten Fällen lag wahrscheinlich nur eine verzögerte Frakturheilung vor.

Die operativen Behandlungsformen können wir in drei Gruppen je nach dem Zweck der Operation einteilen. Es wären

1. Operationen, die die erlahmte Osteoplasie steigern durch Reize oder Milieuveränderungen
2. Operationen, die die erlahmte osteogenetische Potenz durch Zufuhr neuer solcher steigern wollen
3. Operationen, die die Herstellung absoluter Ruhe im Frakturbereich zum Ziel haben
   Kombinationen sind natürlich auch möglich.

Zu der e r s t e n Gruppe ist zu sagen, dass das Prinzip dasselbe wie bei den sehr früh schon durchgeführten konservativen Behandlungen ist. Unter der Vorstellung, dass die Pseudarthrose aufgrund mangelnder Osteoplasie entstanden ist, möchte man die Regenerationsfähigkeit durch Reize steigern. Dies ist also dasselbe, was Celsus schon durch das Reiben der Fragmente gegeneinander erreichen wollte. Beck hat eine dieser Methoden entwickelt, bei der man von einem Fragment durch das Pseudarthrosegewebe zum anderen Fragment eine Vielzahl von Kanälen bohrt, die dann als Wegweiser für den Durchbau der Frak-

tur dienen sollen. Der mechanische Reiz und die entstandene Blutung sorgen gleichzeitig dafür, dass das osteogenetische Gewebe zur Aktivität gereizt wird. Die Beck'sche Bohrung hat Erfolge bei verzögerter Kallusbildung und straffen Pseudarthrosen gezeigt. Heutzutage wird sie noch manchmal bei Navikularepseudarthrosen verwendet.

Die Aufsplitterung nach Kirschner ist eine verwandte Methode. Hier wird die Pseudarthrose in ihrer ganzen Zirkumferenz mit einem breiten Meisel parallel zur Längsachse aufgesplittert. Die geschlossenen Markräume werden dadurch eröffnet und die Hyperämie sowohl als auch die entstandenen Nekrosen regen die Knochenbildung an. Diese Operation ist aber heute wegen dem übergrossen Infektionsrisiko und der oft vorkommenden Sequesterbildung ganz verlassen worden.

Eine dritte Methode, die dieselben Vorteile hat wie die Aufsplitterungsoperation nach Kirschner, bei der aber die Wundheilungsstörungen und Sequesterbildungen seltener vorkamen, ist die Längsaufsägung nach Brendes. Die Markhöhlen werden hier genausogut eröffnet und die Ernährung von den hier entstehenden breiten Lamellen ist besser als die der Splitter. Diese beiden letztgenannten Verfahren sind recht grosse komplikationsreiche Operationen und werden seit der Entwicklung der modernen Osteosyntheseverfahren nicht mehr angewandt. Eine ähnliche Methode ist die einfache Pseudarthroseresektion, wobei das pseudarthrotische Gewebe bis ins Gesunde reseziert wird und so das gesamte nicht regenerierende Gewebe entfernt. Man hat nun zwei frische Knochenflächen, die bessere Aussichten zur Heilung haben.

Die z w e i t e Gruppe beinhaltet die operativen Methoden, die eine neue osteogenetische Potenz anlagern wollen. Man hat schon sehr früh begonnen, sich für Knochentransplantationen als Therapiemethode zu interessieren. Ollier begann mit der wissenschaftlichen Erforschung dieser Methode der Pseudarthrosetherapie 1858. Lexer hat sie in die Klinik eingeführt und

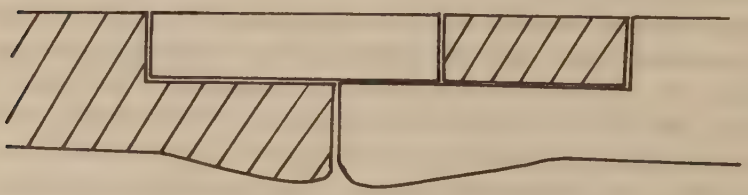
sie in eine brauchbare Routinemethode umgewandelt, die sich bis zum heutigen Tag hat behaupten können. Als man mit diesen Knochentransplantationen begann, hat man deren erste Aufgabe darin gesehen, dass sie eine bestehende Knochenlücke beseitigen. Heute liegt das Gewicht mehr auf seiten der regenerativen Fähigkeit des Transplantates, die dafür sorgen muss, dass die im Frakturbereich erlegene Osteoplasie wieder in Gang kommt. Bei der Wahl der Späne und Art der Einpflanzung gibt es eine Fülle von Möglichkeiten. Man kann feste Späne aus der Tibia oder weiche von der Rippe oder der Darmbeinschaufel nehmen. Weiter kann man Cortikalis mit oder ohne Periost, man kann Spongiosaspäne oder Späne, die alle Schichten inclusive Periost enthalten, nehmen.

Wenn es darum geht, eine Knochenlücke zu füllen, hält Witt einen kräftigen Span aus der Tibia mit überschüssigem Periost für das Mittel der Wahl. (Der Span sowie das Transplantatbett müssen sorgfältig und gewebschonend präpariert und einander angepasst werden). Er legt dabei Wert darauf, dass der Span a l l e Knochenschichten enthält, dies hat auch Zenker betont. Darin sieht er eine Garantie für die gute Einheilung. In den beiden Fragmenten ist das Transplantatbett sehr sorgfältig und gewebschonend auszuheben und nach der Methode von Brun wird an jedes Fragment eine Falze für den Span hergestellt. Der Span ist gleichfalls möglichst schonend und schon primär bei seiner Ausmeiselung so exakt auszuformen, dass er in das vorbereitete Bett genau hineinpasst. Extrakorporale Arbeiten am Span sollten wegen der Gefährdung der Asepsis ganz vermieden oder wenigstens auf ein Minimum gehalten werden. Die Herstellung des Spanes ist somit ein Teil der Operation, die für den Operationserfolg von entscheidender Bedeutung ist. Witt lässt die beiden Eingriffe, die Vorbereitung des Bettes und die Herstellung des Spanes gleichzeitig nebeneinander laufen. Dabei muss auch gesagt werden, dass er den Span möglichst immer von dem gesunden Bein entnimmt, um sicher zu sein, dass er einen Span mit kräftiger, ungehemmter Regenerationsfähigkeit erhält. Lexer hat den Span oft in der Markhöh-

le beider Fragmente eingebolzt und so eine recht gute Stabilität erreicht. Diese Methode ist heute verlassen, da sie den grossen Nachteil hat, beide Markhöhlen völlig abzuschliessen, was für die Regenerationsfähigkeit beider Knochen sehr nachteilig ist. Es fehlt keinesfalls an konkurrierenden Methoden bei der Spanverpflanzung. Eine Technik mit etwas einfacherer Art ist es, den Span der Pseudarthrose einfach anzulagern oder den Span auf den Knochen, aber unter das Periost einzupflanzen.

Eine Kombination ist auch vorgeschlagen worden. Es ist die "Inlay und Onlay Methode" nach Albee, wobei dem Transplantat das eine Fragment aufgelegt und das andere Ende im anderen Fragment eingearbeitet wird. Eine Methode, die den Doppeleingriff entbehrt, ist die Verschiebeplastik; hier wird ähnlich wie bei der Hautplastik ein Knochenstück verschoben. Man bereitet am distalen Fragment ein Spanbett und stellt aus dem proximalen Fragment einen Span her, der dann heruntergeschoben wird. Der aus dem distalen Fragment ausgehobene Knochen wird in die nach dem verschobenen Fragment entstandene Lücke eingelegt. Die beiden Späne dürfen hier natürlich nicht die gleiche Länge haben, weil dann die Pseudarthrose nicht überbrückt wird.

Abbildung 11 zeigt eine mittels der Verschiebeplastik überbrückte Pseudarthrose in Seitenansicht.



Der Nachteil dieser Methode liegt darin, dass der eine Pseudarthrose umgebende Knochen oft eine erschöpfte Regenerationskraft hat, was dann auch bei dem verschobenen Span der

Fall sein wird.
Bei atrophischen Pseudarthrosen ist die Methode deswegen unbrauchbar. Bei der Umkehrplastik soll der Nachteil der schlechten Regenerationsfähigkeit im Pseudarthrosebereich nach Kaitzky dadurch umgangen werden, dass der Span umgedreht wird. Das ursprünglich pseudarthroseferne Spanende kommt dabei nach der Umdrehung im Pseudarthrosebereich zu liegen. Diese Methode mag in einzelnen ausgewählten Fällen praktikabel sein, aber wenn der ganze Knochen porotisch ist, was meist nach der langen Ruhigstellung der Fall ist, nützt auch die Umdrehung des Spanes wenig. Allgöwer lehnt die alleinige Spantransplantation wegen der erforderlichen langen Immobilisation ganz ab. Eine Methode zur Verpflanzung von Spongiosaspänen hat Matti entwickelt. Er geht so vor, dass er zuerst den Periost-Weichteilmantel um die Pseudarthrose der Länge nach spaltet und die Pseudarthrose freipräpariert. Die beiden pseudarthrotischen Fragmentenden werden reseziert und die entstandene Höhle mit Spongiosa aus der Trochantergegend gefüllt. Danach wird das Periost und der Weichteilmantel mit schichtweisen Nähten um das Transplantat fest verschlossen. Diese Methode in Kombination mit der Marknagelung ist von Zenker empfohlen worden. So einem prominenten Gegner wie Lexer zum Trotz wird die Methode etwas abgewandelt und in Kombination mit den modernsten Osteosyntheseverfahren heute noch verwendet.

Es gibt noch eine Reihe weiterer Verfahren, aber sie sind alle, wie auch die hier angegebenen, nur "Variationen des Themas", deren Prinzip es ist, frische osteogenetische Potenz in das pseudarthrotische Gebiet zu verpflanzen. Weiter ist bei allen diesen Methoden gemeinsam, dass sie postoperativ eine peinlich genaue und ausreichend lange Ruhigstellung fordern. Axhausen gibt als Durchschnitt 3 - 4 Monate bis zum Durchbau der Pseudarthrose an. Eine unumgängliche Tatsache, die von vielen Patienten als sehr belastend empfunden wird, da der Leidensweg bis zur Operation meistens schon erheblich ist. Die lange Ungewissheit, Heilung oder nicht, bringt für viele eine schwere psychische Belastung. Gerade unter diesen Aspek-

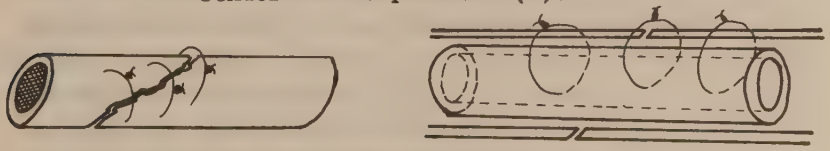
ten empfehlen Witt u.a. die Operation schon in der zwölften bis vierzehnten Woche. Auch Manzoni und Fehr halten diesen Zeitpunkt für den richtigen und betonen die Wichtigkeit der praeoperativen gymnastischen Uebungen und eine sorgfältige Haut- und Weichteilpflege, um für die Operation optimale Bedingungen zu schaffen.

Die Frage nach der Herkunft des Spanes ist eindeutig zugunsten des autologen Materials entschieden (Axhausen, Bürkle de la Camp, Orell, Eche et al., M. Lange, Witt, Rehn, Willenegger, Holmstrand, Schumann, Longarce, de Stephano, Peer u.a.). Der autologe Span bringt lebende Zellen in die Pseudarthrose, die sofort zur Kallusbildung fähig sind und sie werden auch nicht vom Empfängerorganismus bekämpft, sondern können sich reizlos im Knochengewebe einfügen. Dem homologen Span gesteht Axhausen zwar zu, dass er das Lagergewebe zur Produktion von Osteoblasten induzieren kann, aber dieser osteogenetische Effekt sei viel geringer als der, welcher das autologe Material entwickelt. Die Einheilung und der knöcherne Umbau verlaufe auch schneller und sicherer beim autologen als beim homologen und vor allem als beim heterologen Span, dem Axhausen überhaupt keine osteogenetische Fähigkeiten zugestehen will. 1926 hat schon M. Lange über eine Versuchsreihe mit Ochsenknochentransplantationen an der Orthopädischen Klinik in München berichtet; er konnte aber nur Fehlschläge melden. Petrokov hält aber als vielleicht einziger auf den homologen Knochenersatz. Er weist auf die Vorzüge gelochter Anlagespäne und Diaphysenröhren in der Pseudarthrosentherapie. Unwahrscheinlich ist es nicht, dass das homologe und vielleicht sogar das heterologe Material mit der Weiterentwicklung der Immunologie an Boden gewinnen wird. Die alleinige Knochenspanverpflanzung hat längst den Höhepunkt ihrer Anwendungsfrequenz überschritten, wird aber heute erfolgreich in Kombination mit modernen Osteosyntheseverfahren benützt.

Die d r i t t e von den drei angegebenen Gruppen der ope-

rativen Pseudarthrosebehandlung hat die Herstellung der absoluten Ruhe im Frakturbereich zum Ziel. Mit der Entwicklung der Chirurgie ist auch der Gedanke entstanden, einen frakturierten Knochen durch direkte operative Massnahmen zu stabilisieren. Dieser Gedanke hat sich ungefähr 100 Jahre nach seiner Entstehung zu einer sehr fruchtbaren und gerade für die Pseudarthrosetherapie entscheidenden Methode entwickelt. Der vielleicht erste Versuch, eine Stabilität durch Fremdkörpereinbau zu erreichen, ist an der Charité in Berlin im Jahre 1846 von Dieffenbach unternommen worden. Er benützte bei dieser Operation Elfenbeinstifte als Osteosynthesematerial. Dieffenbachs Nachfolger von Langenbeck hat 1855 versucht, eine Pseudarthrose durch Verschraubung mit Holzschrauben zu heilen,ein, wie es mir scheint, für die damaligen Verhältnisse sehr fortschrittlicher Versuch. Rodgers hat schon 1826 bei Knochennähten Gold-, Silber-, Kupfer- und Seidenfäden benützt. Gurlt hat schon in seinem Buch von 1862 über eine stattliche Anzahl von Behandlungsversuchen mit Drahtnähten durch Resektion der Frakturenden, Nagelung und Verschraubung berichtet. Alle diese Versuche waren aber keine Behandlungsmethoden, sondern nur Experimente, die zudem meist durch die ungenügende Asepsis zum Scheitern verurteilt waren. Willenegger bezeichnet den Deutschen Fritz Koenig und die belgischen Gebrüder Elie und Albin Lambotte als die bedeutendsten Pioniere der Osteosynthese. Koenig hat durch endossale Elfenbeinstifte und Knochenprothesen versucht, eine Stabilität zu erreichen. Das Material wurde durch Drahtcerclagen festgehalten. Koenig war sich der durchblutungsgefährdenden Wirkung von Cerclagen bewusst und hat aus diesem Grund nur Hemicerclagen benützt.

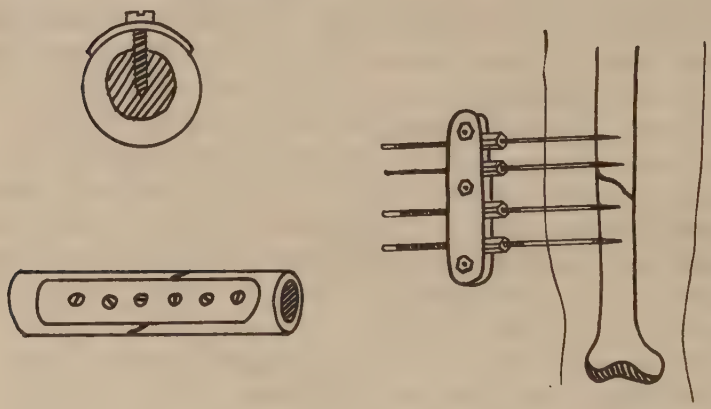
Abbildung 12. Hemicerclagen nach Koenig (A) mit stabilisierender Knochenprothese (B).



A B

Von Albin Lambottes Arbeiten sei besonders die nach ihm benannte Schiene (Abbildung 13a) hervorgehoben. Diese war der Vorgänger moderner Druckplatten. Weiter die "Fixateur externe" (Abbildung 13b), die dem Wesen nach dasselbe ist, wie die um 1950 von Hoffmann wieder propagierte Transfixation. Weder Lambotte noch Hoffmann vermochten aber die Methode durchzusetzen.

Abbildung 13. Platte (A) und Fixateur externe (B) nach Lambotte



A B

Lambotte hat sich auch besonders für die gelenknahen und intraarticulären Frakturen interessiert und er hat einige besondere Schrauben für diese Frakturtypen entwickelt. Den grössten Vorteil des Osteosyntheseverfahrens sah Lambotte in der dadurch ermöglichten Frühmobilisierung. In der zweiten von ihm verfassten Monographie, die 1913 erschien, "Chirurgie opératoir des fractures" hat er seine Ueberlegungen über die von ihm entwickelten Verfahren dargestellt. Ueber das Osteosyntheseverfahren hat Matti 1918 gesagt: "Trotz der unbegründeten autoritären Ablehnung hat sich die blutige Behandlung der Knochenbrüche im Laufe der Jahre ihr bestimmtes abgegrenztes Anwendungsgebiet erobert." Den entscheiden-

den Aufschwung erfuhr die Osteosynthese aber durch Küntscher, als er 1940 auf dem Deutschen Chirurgenkongress den im Profil V-förmigen Marknagel vorstellte. Der Gedanke der Markaufbohrung entspringt aus der von Maatz 1942 geforderten Uebereinstimmung zwischen Metall und Knochen. Küntscher hat sie als erster 1951 bei einer Pseudarthrose durchgeführt.
Im Jahre 1949 ist die von dem belgischen Orthopäden Danis verfasste Monographie "Théorie et Practique de l'Ostéosynthèse" erschienen. Unter anderen Neuheiten hat er das Vorschneiden des Gewindes für die Verschraubung von harten Knochen und mechanische Prinzipien für die richtige Schraubenlage bei Drehkeilbrüchen eingeführt. Weiterhin hat Danis als erster auf die Primärheilung bei Frakturheilung unter Druck aufmerksam gemacht. Er hat dabei angenommen, dass die Knochenregeneration unter dem Einfluss von der axialen Kompression von der Corticalis ausgeht.

Der zweite grosse Aufschwung der Osteosyntheseverfahren hat 1958 eingesetzt, als die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese, kurz AO genannt, von 15 schweizerischen Chirurgen und Orthopäden gegründet wurde. Das erste von Müller, Allgöwer und Willenegger im Springerverlag 1963 erschienene Buch "Technik der operativen Frakturenbehandlung" beschreibt genau das erforderliche Instrumentarium sowie die Technik seiner Anwendung. Das Buch gründet sich auf über 4000 dokumentierten Eingriffen nach dieser Methode.
1959 erschien im selben Verlag das zweite grosse Werk "Manual der Osteosynthese, AO-Technik". Hier sind einige Ergänzungen und Erneuerungen aufgenommen worden und das dokumentierte Material, auf das sich die Erfahrungen stützen, umfasst schon 14.000 Fälle.
Im Vorwort zum ersten Buch schreiben die Verfasser: "Wir können nicht genug warnen vor Osteosynthesen, die ohne entsprechende Schulung der Chirurgen und ohne technische Voraussetzungen bezüglich Instrumentarium und Asepsis im Operationsbereich durchgeführt werden. Anhänger ohne genügend Selbstkritik sind für die Methode viel gefährlicher als Skeptiker oder klare Gegner."

Trotz der genannten Anhänger brachte die AO-Technik für die Behandlung der Pseudarthrose grosse Fortschritte. Heute wird so gut wie jede Pseudarthrose operativ mittels eines Osteosyntheseverfahrens oft in Kombination mit einer Knochenverpflanzung behandelt.

Nun einige Worte zu zwei Sonderformen der Pseudarthrose: die infizierte und die Defektpseudarthrose

Bei infizierten Pseudarthrosen empfiehlt Zenker die Osteosynthese erst 1/2 - 1 Jahr nach der Wundheilung und nach Normalisierung der Blutsenkungsgeschwindigkeit und des Blutbildes. Schenk, Müller, Willenegger verwenden bei infizierten Pseudarthrosen gern den "Fixateur externe" oder legen z.B. an der Tibia eine 11 - 16 Lochplatte an, wobei keine Schrauben in dem ehemaligen Infektionsherd befestigt werden, um ein Aufflackern der Infektion nicht zu begünstigen. Weller benützt hier die "Peroné á tibia"-Operation, die aber immer mit dem Nachteil behaftet ist, dass sie die Bewegungen im oberen Sprunggelenk behindert, ja sogar verhindert. Die Infektion nach der Osteosynthese einer Pseudarthrose ist nach Müller keine Indikation zur Materialentfernung, solange das Material die Pseudarthrose noch stabilisiert. Die Festigung der Pseudarthrose ist vordringlicher als die Infekttherapie.

Die Defektpseudarthrose, der oft eine Infektion vorausgegangen ist, muss von Knochenmaterial überbrückt werden. Schumann empfiehlt den Lexerspan, während Matti die transplantierte Spongiosa benützt, weil sie gegenüber der Blutversorgung anspruchslos ist, gegen Infektion sehr widerstandsfähig und weil sie für eine schnelle Knochenneubildung sorgt. Eines von diesen Transplantaten in Kombination mit einer Osteosynthese bringt für die Pseudarthroseheilung optimale Bedingungen.

Eigene Methoden und Ergebnisse

Im folgenden werden nun die in der hiesigen Klinik in den Jahren 1965 - 1969 behandelten Pseudarthrosefälle beschrieben.
Das Material umfasst 87 Pseudarthrosen bei 82 Patienten, die in der Münchner Chirurgischen Universitätsklinik in den Jahren 1965 - 1969 behandelt wurden. Es umfasst sowohl Pseudarthrosen, die nach hier behandelten Frakturen entstanden sind, als auch Pseudarthrosen, die uns überwiesen wurden.
Das Material von Ostapowicz, das hier manchmal als Vergleich herangezogen wird, umfasst 271 behandelte Pseudarthrosen aus den Jahren 1937 - 1960.

Clavicula

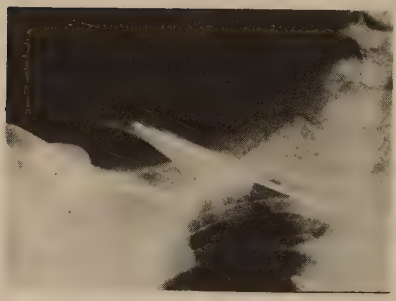
In unserem Krankengut befanden sich 22 % Claviculapseudarthrosen. Dies ist eine relativ hohe Zahl. Von unseren 19 Claviculapseudarthrosen stammen 13 aus einer konservativen Behandlung, namentlich die Behandlung mit dem Rucksackverband. In 5 von diesen Fällen lagen schwere Dislokationen vor. 7 mal wurde die Fraktur operativ behandelt und zwar mit Rushpins und/oder Drahtcerclage. Einmal wurde die Fraktur nicht diagnostiziert, bevor die Pseudarthrose schon ausgebildet war.

Von den entstandenen Pseudarthrosen erforderten zwei keine Behandlung, da sich eine straffe Pseudarthrose gebildet hatte und die Patienten beschwerdefrei waren. Diese beiden Pseudarthrosen waren mit Rushpins vorbehandelt worden und in beiden Fällen ist der Nagel beschädigt worden, nämlich einmal stark verbogen und im anderen Fall abgebrochen. Abbildung 14 (Seite 34) zeigt einen von diesen Fällen.
Eine Pseudarthrose konnte mittels einem Rucksackverband zur Heilung gebracht werden. 16 mal wurde operiert und dabei 8 mal ein Rushpin verwendet. 6 Pseudarthrosen sind dabei zur Abheilung ohne Beschwerden gebracht worden, während 2 Patienten trotz geheilter Pseudarthrose nach längerer Belastung

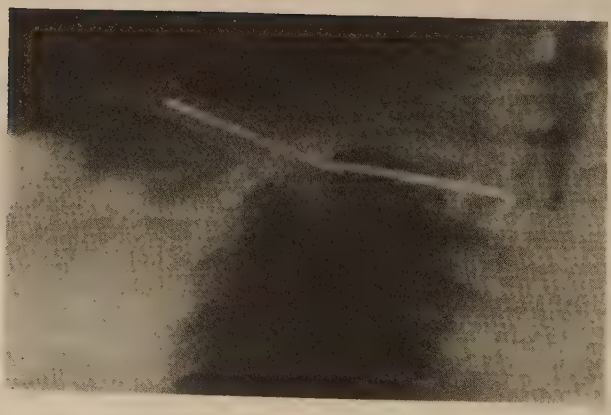
Schmerzen angaben. 6 mal wurde eine Druckplatte angelegt, davon 1 mal in Kombination mit Spongiosa.

Abbildung 14 a) die mit Rushpin versorgte Fraktur, b) der gebrochene Rushpin und Pseudarthrosebildung, c) nach Entfernung des Rushpins, straffe Pseudarthrose. Der Patient ist beschwerdefrei und voll arbeitsfähig.

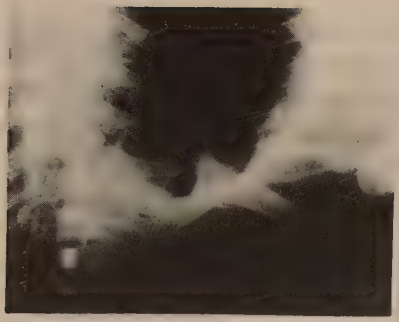
a



b



c



Bei der Verschraubung der Clavicula hat sich die ursprünglich für die Tibiavorderkante gedachte etwas flexible Halbrohrplatte als sehr geeignet erwiesen. Eine Patientin dieser Gruppe gibt ständige Schmerzen in der Hand und am Unterarm an. Diese dürfen aber mit grösster Wahrscheinlichkeit von einem gleichzeitig bestehenden columnogenen Cervicalsyndrom stammen. In einem Fall konnte wegen starker Osteoporose eine Platte nicht befestigt werden, die Pseudarthrose wurde mit einer Knochenklammer gestellt. Einmal wurde eine Cerclage zusammen mit einem Oberarmgips verwendet. Auch diese beiden Pseudarthrosen heilten aus. Die Behandlung der Claviculapseudarthrosen ist dankbar, von 19 Patienten sind 16 völlig beschwerdefrei, nur 2 Patienten haben Schmerzen im Frakturbereich nach längerer Belastung und einer hat ständige Schmerzen, die wahrscheinlich von einer Spondylose der Halswirbelsäule stammen. Die Beweglichkeit ist bei jedem Patienten uneingeschränkt.

Zur Behandlung der Claviculapseudarthrosen empfiehlt sich demnach die Plattenverschraubung, die mit einer Spongiosaanlagerung gut zu kombinieren ist. Bei distalen Pseudarthrosen empfiehlt Müller Kirschnerpins und Zuggurtung, wie sie auch in unserer Klinik benützt werden.

Humerus

In unserem Krankengut befanden sich 5 Humeruspseudarthrosen, das entspricht 6 %, Ostapowicz hat ebenfalls 6 % Humeruspseudarthrosen in seinem Krankengut. Bei 3 von diesen Patienten wurde die Fraktur zunächst konservativ behandelt. Im Fall L.A. hat man nach 8 Wochen wegen mangelnder Kallusbildung eine 8L Druckplatte mit 4 Schrauben angebracht. Nach 8 Monaten hat man die Fraktur für durchgebaut gehalten und die Platte entfernt. Nach 2 Monaten kam der Patient zurück und die Röntgenkontrolle zeigte jetzt eine hypertrophische Pseudarthrose. Daraufhin wurde eine 9-Lochdruckplatte angelegt. Abbildung 15 (Seite 37) zeigt die Entwicklung dieser Pseudarthrose. Der weitere Heilverlauf war komplikationslos. 3 Jahre nach Heilung der Pseudarthrose hat der Patient leichte Schmerzen beim Nackengriff und leidet unter einer gewissen Wetterfühlichkeit im alten Pseudarthrosegebiet.

Abbildung 15 a) die primäre Fraktur, b) die ungenügende Plattenversorgung, c) die entstandene Pseudarthrose, d) die bei uns durchgeführte Versorgung, e) und f) zeigen den Endzustand.

a

b

c

d

e

f

Der zweite Pseudarthrosefall nach konservativer Frakturbehandlung trat bei der 83 Jahre alten I.H. auf. Zu bemerken sei hier, dass der Knochen bei leichter Gartenarbeit spontan frakturierte, ohne dass ein maligner Prozess oder Knochenaffektion nachgewiesen werden konnte. Nach 11 monatiger konservativer Behandlung lag eine hypertrophische Pseudarthrose vor. Nach Anlegen einer Druckplatte trat eine Osteomyelitis auf, deswegen wurde die Platte entfernt. Da man nach weiteren 2 Monaten der Infektion keinen Halt gebieten konnte, hat man sich zur Amputation entschlossen. Eine Oberarmamputation mit Belassen eines 20 cm langen Stumpfes wurde durchgeführt. Dies ist ein tragischer Ausgang, für einen Patienten dieses Alters aber sicher erträglicher als der lange ungewisse Kampf gegen die Osteomyelitis in dem unbrauchbaren Arm.

Unsere dritte Pseudarthrose nach konservativer Behandlung entwickelte sich bei einer 55 jährigen Dame, deren Fraktur zunächst mit einem Oberarmgips behandelt wurde. Als nach drei Monaten die Kallusbildung immer noch sehr schwach war, hat man eine Rushpinnagelung vorgenommen. Als sich daraufhin eine hypertrophische Pseudarthrose bildete, ist die Patientin in unserer Klinik aufgenommen worden. Nach einer Druckplattenosteosynthese ist die Pseudarthrose durchgebaut und die Patientin beschwerdefrei geworden.

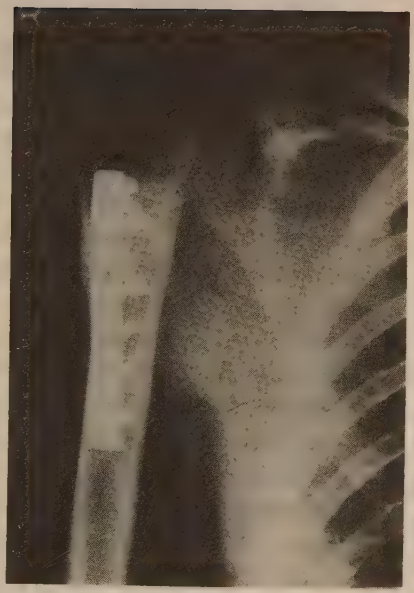
Von den operativ behandelten Pseudarthrosen entwickelte sich eine nach einer postoperativen Osteomyelitis mit anschliessender Sequesterbildung und Abstossung. 5 Monate nach Entfernung der infizierten Platte wurde eine neue Druckplatte angelegt, die die Pseudarthrose zur Heilung brachte.

Die letzte Oberarmpseudarthrose entstand nach einer subcapitulären Fraktur, die primär mit zwei Rushpins und Gipsverband behandelt wurde. Durch die ungenügend stabilisierende Wirkung der zwei Rushpins entwickelte sich eine hypertrophische Pseudarthrose. In unserer Klinik wurden eine 7L-Druckplatte und 2 Cortikalisschrauben angelegt, wonach die Heilung eintrat.

3 Jahre nach der Heilung bestand im Schultergelenk eine leichte arthrosis deformans, die minimale Beschwerden verursachte.

Abbildung 16 a) zeigt diese subcabituläre Pseudarthrose vor, b) nach Plattenverschraubung, c) und d) zeigen den Endzustand. Diese Pseudarthrose wäre mit anderen Methoden kaum zu heilen.

a



b

c

d

Die bei Oberarmfrakturen früher häufig angewandten Rushpins und Küntscher Nägel werden in München nur selten und bei strenger Indikation bei kurzen Frakturen im mittleren Schaftdrittel benützt (Rueff und Bedacht).

Bei Osteosynthesen des Humerusschaftes ist dem Nervus radialis wegen seiner nahen Verbindung mit dem Knochen und leichter Verletzbarkeit besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Bandi und Mumenthaler verlangen in jedem Falle, in dem der Nervus radialis gefährdet erscheint, dass er vom Gesunden her präpariert wird, bevor mit der Freilegung der Fraktur begonnen wird. Dies gilt auch bei der späteren Materialentfernung.

Das Ziel der Pseudarthrosebehandlung am Humerus muss es sein, die primäre Uebungsstabilität zu erreichen, um die sehr schnell entstehende Versteifung im Schultergelenk zu vermeiden. Aus diesem Grund sollte der Arm und das Gelenk schon praeoperativ trainiert werden.

Ulna

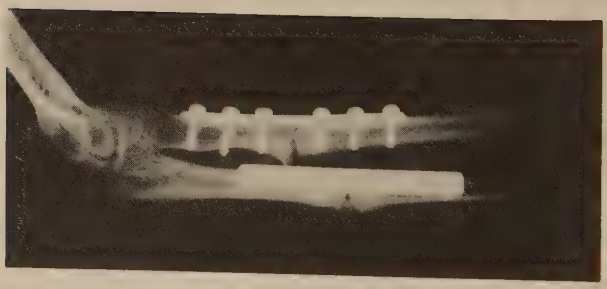
Unter den Pseudarthrosen in diesem Material haben die Ulnarpseudarthrosen mit 23 % den zweitgrössten Anteil gestellt. In Ostapowicz's Material waren 15 % Ulnarpseudarthrosen. Von unseren 3 Olecranonpseudarthrosen waren 2 "echt" iatrogen; sie sind nämlich nach Gelenkeröffnungsolecraneotomie wegen Gelenkmausentfernung entstanden. Die Therapie dieser Pseudarthrosen ist sehr problematisch. Von unseren 3 Patienten ist einer für eine Nachuntersuchung nicht erreichbar und bei den anderen ist das funktionelle Ergebnis nicht gut, d.h. es bestehen stärkere Schmerzen in der Ellenbeuge bei Bewegung. Wie bei allen gelenkbeteiligten Frakturen ist die späte Arthrosis deformans schwer zu vermeiden. Bei der Olecranonpseudarthrose ist die Fixierung der Bruchstücke zudem schwierig, da die Kippneigung nach dorsal sehr gross ist. Eine Schraube findet in der ulnaren Markhöhle selten genügend Halt. Bei senkrechtem Spalt wird die beste Stabilisierung durch die Zuggurtung über 2 oder mehrere Kirschnerpins erreicht. Abbildung 17 (Seite 42) zeigt eine solche Ulnarpseudarthrose.

Bei weiteren 3 Patienten war eine Nachuntersuchung nicht möglich. In einem Fall wurde auf eine Pseudarthrosebehandlung verzichtet. Es lag eine straffe schmerzlose Pseudarthrose vor und eine seit früher bestehende Ellenbogenversteifung. Eine Operation hätte in diesem Fall keine funktionelle Verbesserung bringen können. Ein Patient ist zur Behandlung nicht erschienen.

In 12 Fällen wurde eine Druckplatte angelegt, dazu wurde 3 mal ein weicher Span aus dem Beckenkam angelagert. Bei 7 von diesen 12 Patienten war das Ergebnis sehr gut, d.h. es bestanden weder Bewegungseinschränkungen noch Schmerzempfindungen. Darunter ist auch ein Mann, bei dem nach einem Arbeitsunfall beidseitige Ulnarpseudarthrosen entstanden. Bei 2 Patienten hat man gleichzeitig eine Radiotomie durchgeführt. Von den 5 Patienten, bei denen ein perfektes Ergebnis nicht erreicht wurde, litten 2 unter minimalen Bewegungseinschränkungen,

Abbildung 17 a) zeigt eine Ulnarpseudarthrose vor, b) nach Radiotomie und Plattenverschraubung von Ulna und Radius, c) nach Plattenentfernung.

a



b

c

Pro- und Supination ist für ca. 10 ° eingeschränkt. Ein Patient litt unter einer 50 %igen Bewegungseinschränkung im Handgelenk aufgrund Ulnarvorschub bei freier Ellenbeuge. Nach starker oder längerer Belastung schmerzten bei 2 Patienten der Vorderarm. In einem Fall wurde ein Beckenspan mittels Kirschnerdrähte an der atrophischen Pseudarthrose befestigt. Das Ergebnis war funktionell und subjektiv sehr gut.

Es hat sich hier gezeigt, dass die Druckplatte an der Ulna ein sehr probates Mittel ist, mit dem sehr gute Erfolge zu erreichen sind.

Radius

Unter unseren Pseudarthrosen befanden sich 8 % Radiuspseudarthrosen, bei Ostapowicz waren es 11 %. In 4 von den 7 Radiuspseudarthrosen lag gleichzeitig eine Ulnarpseudarthrose vor.

Die Frakturen sind in 2 Fällen operativ behandelt worden und zwar einmal mit einem Marknagel und einmal mit einem Rushpin. Die Marknagelung ist auswärts vorgenommen worden und es ist zweifelhaft, ob der Marknagel ein "richtiger" Marknagel war. Nach 2 Monaten hat sich der Nagel nämlich von selbst entfernt. Nach diesem "Ausfall" hat man es mit einem Phemisterspan und einem Oberarmgips versucht und als sich daraufhin eine Pseudarthrose entwickelte, wurde der Patient zu uns überwiesen. Hier wurde eine 5 Loch Halbrohrplatte angelegt und am ersten postoperativen Tag die gymnastische Nachbehandlung begonnen. Die Pseudarthrose heilte mit einer Radius-Verkürzung aus, die aber durch anschliessende Ulnarverkürzung ausgeglichen wurde. Das Endresultat war sehr gut. Nach der zweiten Rushpinnung entstand über einer Osteomyelitis die Pseudarthrose, die bei uns ebenfalls mit einer Druckplatte behandelt wurde. Da der Patient inzwischen emigriert ist, konnten wir sein Schicksal nicht verfolgen.
Die übrigen 5 Radiuspseudarthrosen sind alle konservativ vorbehandelt worden.

Zur Pseudarthrosetherapie wurde hier 4 mal eine Druckplatte angelegt und einmal bei einem Schrägbruch wurden nur 2 Corticalisschrauben benützt. Bei 2 Patienten ist das Resultat sehr gut, ein Patient ist absolut schmerzfrei, hat aber ca. 10 ° eingeschränkte Pro- und Supinationsbewegungen. Bei 2 Patienten bestehen leichte Rotationseinschränkungen und Schmerzen nach längerer Belastung.

Abbildung 18 (Seite 45) zeigt eine doppelte Unterarmfraktur.

Um die für die Speiche so wichtige Rotationsstabilität zu erreichen, empfiehlt es sich, bei operativer Behandlung die Druckplatte zu benützen, die diese Stabilität am besten gewährleistet. Bei der Radiusosteosynthese muss man bei der Schraubenwahl sehr sorgfältig sein. Zu kurze Schrauben finden in dem dünnen Röhrenknochen nicht den erforderlichen

Abbildung 18 a) zeigt eine doppelte Unterarmfraktur. Die Radiusfraktur ist, von einem Rushpin gestützt, mit einer Dislokation von 1/3 Schaftbreite konsolidiert. An der Ulna hat sich eine Pseudarthrose gebildet.

a

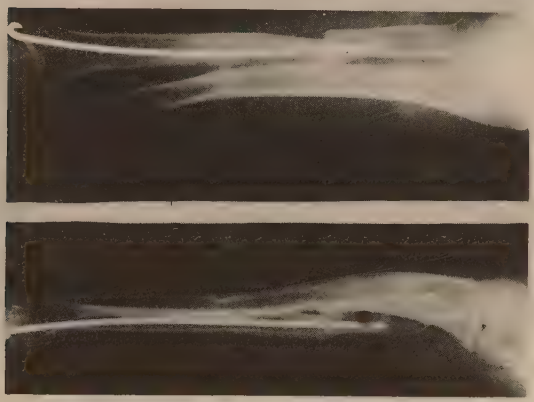


Abbildung 18 b) zeigt denselben Patienten nach Radiotomie und Plattenversorgung von Ulna und Radius.

b

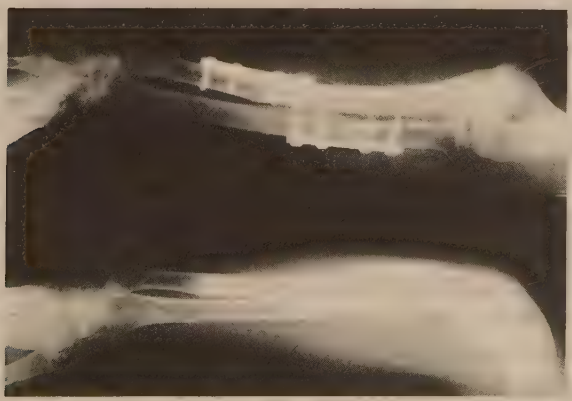


Abbildung 18 c) zeigt den Patienten nach Plattenentfernung und abgeschlossener Heilung.

c

Halt und gerade an dem rotierenden Radius dürfen sie andererseits nicht zu lang sein, um bei der Rotation nicht zu irritieren oder diese gar zu verhindern, was bei der normalen radialen oder dorsalen Plattenanlagerung leicht möglich ist.

Digiti

Unter unseren Pseudarthrosen befanden sich 8 solche der kleinen Röhrenknochen, das sind 9 %. In dem Krankengut von Ostapowicz machte ihr Anteil nur 4 % aus.

Die Frakturen der kleinen Röhrenknochen entstehen zum grössten Teil durch Arbeitsunfälle. Der Unfallhergang lässt sich in zwei Hauptgruppen unterteilen. Es sind einmal die Unfälle,

bei denen die Hand bzw. der Finger in eine Presse, Türe o.ä. gezwickt wurden. Hier sind die Haut- und Weichteilverletzungen verhältnismässig gering, was für die Prognose der Knochenheilung gut ist. Die zweite und prognostisch schlechtere Gruppe enthält die Unfälle, bei denen sich die Hand in einem Laufband, Triebwerk o.ä. verfangen hat. Nach solchen Unfällen liegen oft Hautdefekte vor, die Weichteile sind zerfetzt und die Wunden sind stark verschmutzt.

Bei unseren 8 Pseudarthrosen waren die Frakturen 5 mal konservativ behandelt worden, 2 Pseudarthrosen bildeten sich nach Cerclagebehandlung und einmal ist ein Arthrodeseversuch nicht gelungen.

Die besten Therapieergebnisse hat hier die Druckplatte gegeben. Bei den letzten drei Patienten wurde die Platte angelegt und bei allen dreien ist die Pseudarthrose durchgebaut und die Patienten sind beschwerdefrei geworden. Von den fünf früheren Pseudarthrosen sind 3 mit Kirschnerpins behandelt, einer in Kombination mit einem Span und einmal ist nur ein Span angelegt worden.

Bei drei von diesen Patienten war die Spätkontrolle nicht durchführbar, die beiden anderen waren mit dem Ergebnis zufrieden, trotz gewisser Bewegungseinschränkungen.

Bei der Behandlung einer Pseudarthrose am Finger- oder Mittelhandknochen muss gründlich überlegt werden, ob das Operationsresultat wirklich ein eventuelles Operationstrauma an einer bis dahin gesunden Funktion aufwiegt. Eine Arthrodese oder sogar die Amputation leistet oft bessere Erfolge als der verzweifelte Versuch einer Wiederherstellungsoperation. Bei nicht zu komplizierten Fällen und richtiger Handhabung verspricht die Anlegung einer kleinen AO Platte aber gute Erfolge.

Femur

7 Femurfrakturen befanden sich in unserem Material. Es sind 8 % von den Pseudarthrosen der Röhrenknochen. Unter diesen 7 waren 5 Collumpseudarthrosen.

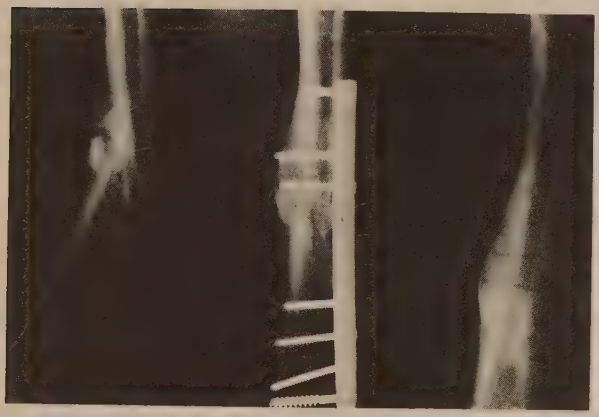
Die Behandlung der Femurschaftpseudarthrosen ist zwar langwierig, doch aber hoffnungsvoller als die der Schenkelhalspseudarthrosen. Die erste von den Schaftpseudarthrosen entstand bei einem verwahrlosten "Gammler" im Alter von 48 Jahren. Der Mann wurde mit einer supracondylären Fraktur in die Klinik eingewiesen. Bei der Untersuchung entdeckte man am Schaft eine gebrochene Platte, deren Schrauben sich auch noch gelockert hatten. In der alten Fraktur lag nun eine hypertrophische Pseudarthrose vor. Die beiden Frakturen wurden mittels einer 14L Condylenplatte stabilisiert und der Pseudarthrose wurde zusätzlich Spongiosa implantiert. Nach 4 monatigem Krankenhausaufenthalt wurde der Patient mit Krücken entlassen; sowohl die frische Fraktur als auch die Pseudarthrose heilten. Eine mässige Verkürzung des Beines blieb aber bestehen.

Die zweite Schaftpseudarthrose wurde zunächst extendiert, danach hat man einen Lexerspan angelegt und Drahtumschlingung durchgeführt. Nach dieser Behandlung entstand eine hypertrophische Pseudarthrose. Diese wurde bei uns mit einer 10 L Druckplatte verschraubt und heilte anstandslos aus. Der Patient war 6 Jahre nach dem Unfall völlig beschwerdefrei.
Abbildung 19 (Seite 49) zeigt diese Pseudarthrose.

Müller, Schenk und Willenegger haben für schwer zu stabilisierende Femurfrakturen als Äkvivalent zum Marknagel die doppelte Plattenanlagerung empfohlen. Bei diesen beiden Pseudarthrosen war dies aber nicht erforderlich.

Bei den Schenkelhalspseudarthrosen dagegen sind die Behand-

Abbildung 19 zeigt die Pseudarthrose bei der Einlieferung 3 1/2 Jahre nach dem Unfall (a), und mit der hier angelegten Druckplatte (b), sowie nach Plattenentfernung (c). Der Patient war bei der Nachkontrolle völlig beschwerdefrei.



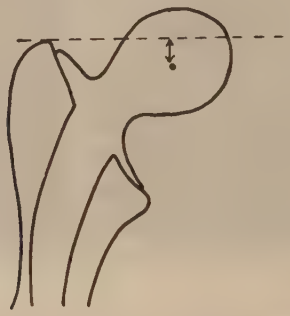
a b c

lungsergebnisse sehr bedrückend. Zwei Patienten sind ad exitum gekommen. Der eine nach einer Aspirationspneumonie und der andere nach einer Lungenembolie, die von einem apoplektischen Insult vorausgegangen war. Bei beiden Patienten war nach der Osteosynthese die Pseudarthrose infiziert worden.

Einmal wurde eine "Austin Moor" Prothese eingesetzt und zweimal jeweils nach eingetretener Kopfnekrose wurde eine Totalprothese eingesetzt. In sämtlichen Fällen ist die Schenkelhalsfraktur genagelt worden und zwar mit einem Nagel. Die Methode von K.H. Bauer, nämlich die Stabilisierung mit 2 Nägeln durchzuführen und so auch die Rotation effektiv auszuschalten, scheint uns vorteilhaft. Der Nachteil dieser Methode liegt darin, dass die Blutversorgung des Femurkopfes nach diesem Eingriff eventuell etwas stärker gefährdet ist.

Eine generell richtige Methode für die Behandlung der Schenkelhalspseudarthrosen anzugeben ist nicht möglich. In den meisten Fällen bei nicht allzu jungen Patienten wird man sich für eine Kopf- oder Totalprothese entscheiden. Dabei muss genau beachtet werden, dass die Spitze des Trochanter major über die Mitte der Kopfprothese zu liegen kommt. Dies wird in Abbildung 20 dargestellt.

Abbildung 20. (Nach Röntgenogramm von Müller). Die Spitze des Trochanter major liegt richtig über dem Zentrum der Kopfprothese.



Wenn dies nicht beachtet wird, werden die periartikulären Muskeln übergespannt werden. Eine Ueberbelastung des Gelenkknorpels mit nachfolgender Arthrosis deformans wird die Folge sein.

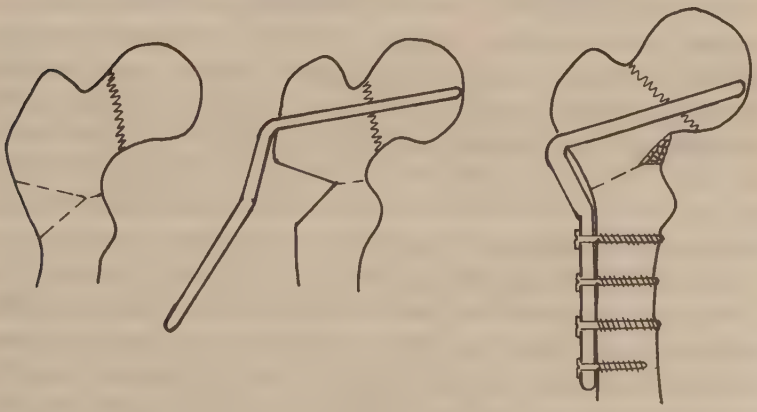
Wenn man sich nicht für eine Prothese, sondern eine Nagelungsbehandlung entschliesst, muss man bei der Reposition darauf achten (dies gilt besonders für subcapituläre Frakturen), dass das Kopffragment lateralisiert wird im Verhältnis zum distalen Fragment, um ein späteres Abrutschen der Fraktur zu vermeiden. Eine korrekt eingestauchte, leicht valgisierte Oberschenkelhalsfraktur ist in Abbildung 21 (Seite 51) zu sehen.

Eine Umlagerungsosteotomie ist natürlich in diesem Sinne noch

Abbildung 21 zeigt eine korrekt eingestauchte, leicht valgisierte Oberschenkelhalsfraktur.

effektiver. Müller befürwortet die Umlagerungsosteotomie nach Pauwels (Abbildung 22) bei Patienten unter 30 Jahren. Dem älteren Pseudarthrosepatienten ist aber nach der sorgfältigen Einpassung einer Prothese am schnellsten und am besten geholfen.

Abbildung 22 zeigt die Umlagerungsosteotomie nach den Prinzipien von Pauwels bei einer Schenkelhalspseudarthrose.



Tibia

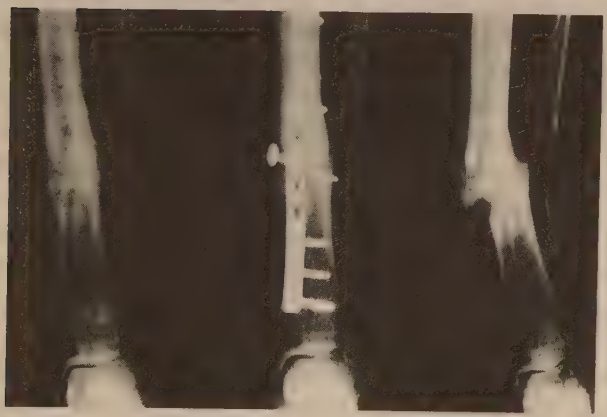
In unserem Krankengut befanden sich 21 Tibiapseudarthrosen, das sind 24 %. In seinem Krankengut hat Ostapowicz 21 % Tibiapseudarthrosen gefunden.

Trotz der relativen Häufigkeit der Tibiapseudarthrosen ist die Behandlung derselben eine dankbare Aufgabe, die zu einem guten Resultat führt. Von unseren 21 Patienten waren 5 für eine Spätkontrolle nicht zugängig. Bei diesen 5 waren die primären Behandlungsergebnisse gut, nur war die Spätkontrolle nicht durchführbar. Ein weiterer Patient war in der Zwischenzeit gestorben. Von diesen Patienten ist einer wegen schwerster Osteoporose und ausgeprägter Atrophie für Amputation- und Prothesebehandlung an die Orthopädische Klinik München überwiesen worden.

In einem weiteren Fall musste nach einem A.femoralis-Verschluss und die dadurch entstandenen Durchblutungsstörungen eine Oberschenkelamputation durchgeführt werden.

Von den 21 Pseudarthrosen war die primäre Fraktur 13 mal konservativ behandelt worden. In einem Fall traten wegen Anlage eines zu engen Gipses trophische Störungen mit nachfolgender Weichteilnekrose auf. Nach Anlegen einer Druckplatte heilte sowohl die Pseudarthrose als auch die Weichteile anstandslos aus. Zweimal entstand die Pseudarthrose nach Refraktur der schon geheilten (?) Fraktur. Abbildung 23 (Seite 53) zeigt einen solchen Fall. Einmal wird eine Muskelinterposition für die Pseudarthroseentstehung angeschuldigt. Bei einem Patienten wurden drei Repositionen innerhalb von 2 Monaten durchgeführt, was die Pseudarthrosebildung zumindest gefördert hat. Bei einem Patienten, ein Geisteskranker, war die Behandlung wegen der negativen Einstellung des Patienten schwierig. Er hat das Personal bedroht, ist mit dem frischen Gips aufgestanden und hat auch schliesslich selbst seinen Gips entfernt. Nach 6-monatigen konservativen Bemühungen,

Abbildung 23. Die primäre Fraktur ist konservativ versorgt worden. Nach einem Sturz mit "Refraktur" wird eine Fibulotomie ausgeführt und das Bein wird wieder eingegipst. Fünf Monate nach dem Unfall wird der Patient zu uns überwiesen, den Zustand zeigt Abbildung 23 a). Abbildung 23 b) zeigt die hier angelegte Druckplatte. Abbildung 23 c) zeigt die geheilte Pseudarthrose 13 Monate später nach Plattenentfernung.



c b a

die teils in einer geschlossenen Anstalt unternommen wurden, ist eine Druckplatte angelegt worden, dazu wurde auch die Verpflanzung eines Beckenspanes durchgeführt. Die Pseudarthrose ist daraufhin abgeheilt.

In einem Fall ist eine konservativ entstandene Pseudarthrose durch einfache Fibulotomie geheilt worden.

Unter den 8 operativ behandelten Frakturen sind folgende Komplikationen zu nennen: 3 Infektionen waren zu verzeichnen und zwar jeweils nach Anlegen einer Drahtcerclage, einer Druckplatte und nach einer Küntschernagelung. Materialbruch wur-

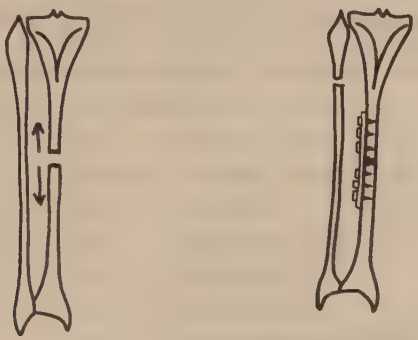
de 1 mal registriert bei einem Rushpin. Man muss ja auch sehr optimistisch sein, um hoffen zu können, dass eine Tibiaschaftfraktur durch einen Rushpin zu halten ist. Nach der Entfernung der Druckplatte ist einmal eine Refraktur eingetreten, was zeigt, dass die Platte zu früh entfernt wurde. Nach einer Teilresektion an der Fibula ist die so entstandene Pseudarthrose aber durchgebaut worden.

Wenn wir uns jetzt der Beseitigung statt der Entstehung der Pseudarthrosen zuwenden, können wir feststellen, dass, von einer Ausnahme abgesehen, die Pseudarthrosen operativ behandelt worden sind. Die Ausnahme machte eine infizierte Pseudarthrose im mittleren Schaftdrittel, die in einem Oberschenkelgips ausheilte. Bei 12 Pseudarthrosen wurde eine Druckplatte angelegt, 3 mal in Kombination mit einer Fibulotomie und in 2 anderen Fällen wurde gleichzeitig ein Knochenspan angelagert. In einem Fall wurde ein Küntschernagel benützt und 1 mal reichten 3 Corticalisschrauben aus. Andere Osteosyntheseverfahren wurden nicht angewendet.

Eine alleinige Fibulotomie wurde 3 mal ausgeführt und einmal in Kombination mit einer Beckenspanverpflanzung.
Hierzu wäre zu bemerken, dass Sörensen in einer 1969 veröffentlichten Arbeit bei 30 Pseudarthrosepatienten in 86 % der Fälle durch die alleinige Fibuloresektion die Heilung erreicht hat. Nach dem Eingriff mussten die Patienten allerdings durchschnittlich 7 1/2 Monate einen Oberschenkelgips und dann für ein weiteres Jahr einen Unterschenkelapparat tragen.
Die Behandlungsergebnisse bei der Tibiapseudarthrose sind, von den beiden Amputationen abgesehen, gut. Eine Patientin gibt fast ständige Schmerzen im Bein an, während weitere drei nur nach längerer Belastung Schmerzen verspüren. Ein Mann, dessen Platte noch nicht entfernt worden ist, spürt bei Erwärmung starken Juckreiz über der Platte. Die übrigen Patienten sind subjektiv wie objektiv beschwerdefrei.

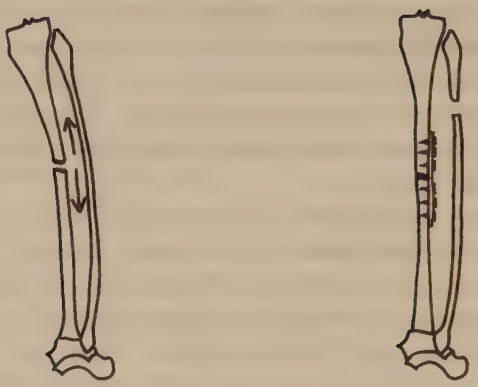
Bei der Therapie der Tibiapseudarthrose ist wichtig, eine sperrende Wirkung von der Fibula möglichst frühzeitig, durch Fibulotomie oder besser Resektion eines 2 bis 3 cm langen Stückes ungefähr Handbreit unter dem Köpfchen, zu verhindern. Der Küntschernagel ist für die Tibiapseudarthrose sehr geeignet, aber muss richtig indiziert sein. Das heisst, der Nagel muss einen festen Halt sowohl distal als auch proximal von der Pseudarthrose bekommen. Das ist nur bei Brüchen im mittleren 2/5 möglich. Bei atrophischen Pseudarthrosen allerdings ist die Druckplatte mit einem Transplantat kombiniert besser. Müller empfiehlt neben der Platte die Decortication der Fragmente. Wie immer bei der Plattenanlagerung ist darauf zu achten, dass die Platte auf der Seite der Zugspannung des Knochens befestigt wird. Bei den Pseudarthrosen mit Varusstellung also lateral. (Abbildung 24).

Abbildung 24



Bei den nach konservativer Behandlung oft auftretenden Rekurvationspseudarthrosen muss die Platte dorsal befestigt werden, um die auf die Pseudarthrose wirkenden Zugkräfte ausschalten zu können. (Abbildung 25 Seite 56).

Abbildung 25



Die AO-Druckplatte hat sich in der Münchner Klinik sehr bewährt und scheint für die Pseudarthrosebehandlung optimale Wirkung zu erzielen. Sie kann auch, wenn erforderlich, mit einer Spantransplantation kombiniert werden.

Fallübersicht

Unten wird nun in chronologischer Reihenfolge der Krankheitsverlauf von unseren 82 Patienten tabellarisch und in Stichworten aufgezeigt.

Spalte 1 zeigt die Patientennummer

Spalte 2 das Geschlecht, wobei 1 für das männliche und 2 für das weibliche Geschlecht steht.

Spalte 3 zeigt das Alter des Patienten an

Spalte 4 zeigt den pseudarthrotisch gewordenen Knochen an.

Der Schlüssel: Clav = Clavicula
Hum = Humerus
Uln = Ulna
Rad = Radius
Fe = Femur
der Zusatz Collum = Oberschenkelhals
Tib = Tibia
Fib = Fibula
D = Digiti

Spalte 5 gibt bei der Frakturierung evtl. mitfrakturierte aber nicht pseudarthrotisch gewordene Knochen an.

Spalte 6 zeigt die Frakturbehandlung, wobei

K = konservativ
keine = keine Behandlung
Rp = Rushpin
Kp = Kirschnerdraht
MN = Marknagel
Drpl = Druckplatte
SP = Smith-Peterson-Nagel mit Platte nach Mc Laughlin

bedeutet.

Spalte 7 bezeichnet die röntgenologisch, diagnostizierte Pseudarthroseart

A = atrophisch
H = hypertrophisch

Spalte 8 gibt die Art der Pseudarthrosebehandlung an.

Spalte 9, 10 und 11 beinhalten das funktionelle und subjektive (vom Patienten angegebene) Ergebnis sowie Bemerkungen des Verfassers zum jeweiligen Fall.

Patient Nr.		Alter	Knochen	sonstige Fraktur	Frakturbehandlung	Pseudarthrosetyp	Pseudarthrosetherapie	Ergebnis 1-5 Jahre postop. Funktion	Schmerz	Bemerkung
1	1	26	Uln Rad	-	K	-	Drpl.	Pro.Sup.10° eingeschränkt	-	
2	2	32	Clav	-	keine	H	Rp.+Anfrischung	+	-	
3	1	34	Hum	Becken LWS	Drpl.	H	Drpl.	+	-	
4	2	58	Clav	-	K	H	Kn.Klammer	+	-	
5	2	55	Hum	-	K	-	2 Drpl.	+	-	
6	2	49	Uln	Rad	Rp.	A	Halbrohrplatte	+	-	
7	1	22	D III	-	K	H	Kirschnerpin	?	?	
8	1	32	D I	-	Kp.	H	Beckenspan + Kp.	?	?	
9	2	42	Uln	Costa	K	H	Drpl.	+	-	
10	1	48	D V	-	K	H	Kp.	?	?	
11	1	71	D IV	-	K	-	Spancerclage	kleine Einschränkung	-	Patient zufrieden

Patient Nr.		Alter	Knochen	sonstige Fraktur	Frakturbehandlung	Pseudarthrosetyp	Pseudarthrosetherapie	Ergebnis 1-5 Jahre postop. Funktion	Schmerz	Bemerkung
12	1	46	D I	-	K	H	Kp.	-	Grundgelenk d. Daumens steif	Pat. zufrieden
13	1	28	Uln	-	MN	-	Na.Entfernung	?	?	Pat. nicht erschienen
14	1	82	Hum	-	K	H	Drpl.	Amputation wegen Osteomyelitis		
15	2	53	Fe Collum	-	SP Nagel	-	Winkelplatte + Spongiosa	Kopfnekrose		Prothese
16	1	34	Tib	-	K	A	Cortikalisschrauben	Stärkste Osteoporose		Prothese
17	1	34	Fe	-	K	-	Drpl.	+		
18	2	60	Tib	Tib	Drpl.	H	Fibulotomie	+	-	
19	2	63	Tib	-	K	H	Drpl.	+		
20	1	18	Tib	-	K	A	Drpl.	+		
21	1	18	Tib	Schädel	K	-	Drpl.+Spong.	?		Schizophren
22	2	26	Clav	-	K	-	K	+	-	

23	2	43	Clav	-	Drahtcerclage	A	keine		beschwerdefrei straffe Psa.		
24	1	33	Uln	-	K	H	Drpl.		Handgelenk 50% schmerzfrei		
			Rad	-	K				eingeschränkt		
25	1	32	Hum	-	Rp.	H	Drpl.		+	-	
26	1	52	Hum	-	K	H	Drpl.		+	-	
27	2	27	Rad	Uln	K	A	Drpl.		Handgelenk n. längerer Ulnar-		
									leicht ein- Belastung vor-		
									geschränkt schub		
28	1	30	Uln	-	K	-	Drpl.		?		
29	1	40	Uln	-	Rp.	-	Drpl.		+	-	
30	1	43	Uln	Rad	K	H	Drpl.+	Span	+	-	
			Uln	Rad	K	H	Drpl.		+	-	
31	2	27	Tib	Fib	K	A	Drpl.+	Fibulo-	+	-	
								tomie			
32	1	26	DI	D II	K	-	Platte		+	-	
33	1	26	Tib	Fib	Cerclage	A	Drpl.+	Spong.	+	-	
34	1	27	Tib	-	K	H	Drpl.		+	-	

Patient Nr.		Alter	Knochen	sonstige Fraktur	Frakturbehandlung	Pseudarthrosetyp	Pseudarthrosetherapie	Ergebnis 1-5 Jahre postop. Funktion	Schmerz	Bemerkung
35	1	25	Tib	Fib	K	-	Drpl.	+	-	
36	2	53	Tib	-	K	H	Drpl.+ Schraube	+	-	
37	1	24	Tib	-	K	H	Drpl.	+	-	
38	1	53	Tib	Uln	Drpl.	A	Drpl.	Amputation wegen arteriellem Verschluss		
39	2	40	Uln	-	K	A	Drpl.	Pro.Sup.10° eingeschränkt		
			Rad	-	K	A	Halbrohrpl.			
40	1	28	Uln	Rad	K	H	Drpl.+ Radiotomie	+	-	
41	2	27	Clav	Rad	K	A	Zuggurtung	+	n.längerer Belastung	
42	2	53	Clav	-	K	A	Zuggurtung	+		
43	2	23	Uln	-	Rp.	-	Spongiosa	+	-	
			Rad	-	Halbrohrpl.	-	Drpl.	+	-	
44	1	23	Clav	Fe	keine	H	Halbrohrpl.	+	-	
45	1	28	mcarp.IV	-	K	A	Kleinfragmentplatte	+	n.schweren Belastungen	

46	2	54	Clav.	-	Rp.	Def.	Drpl.+Spong.	+		Cervical-syndrom	
47	2	55	Tib	-	MN	-	Oberschenkel-gips	+	bei Belastung		
48	2	34	Fe Collum	Becken Kiefer	AO Nagel	A	Totalprothese	+		Kopfnekrose	
49	1	63	Tib	Fib	K	A	Drpl.	+			
50	1	31	Rad	-	K	H	Corticalis-schraube	+			
51	1	28	Uln	Schädel	keine	H	Drpl.+ Span	+			
52	2	54	Clav	-	Kp.	H	keine	+	straffe Pseudarthrose, Pat.beschwerdefr.		
53	2	33	Clav	-	K	H	Rp.	?			
54	2	16	Clav	-	K	-	Rp.	?			
55	1	23	Uln	Rad	Drpl.	A	2 Kp. + Span	+	-		
56	1	29	Uln	-	K	-	Drpl.+ Spong.	+	-		
57	1	27	Clav	-	K	H	Rp.	+	-		
58	1	56	Clav	-	Rp.	H	Drpl.	+	-		

Patient Nr.		Alter	Knochen	sonstige Fraktur	Frakturbehandlung	Pseudarthrosetyp	Pseudarthrosetherapie	Ergebnis 1-5 Jahre postop. Funktion	Schmerz	Bemerkung
59	1	36	Olecranon	-	Schraube	A	Kp.+ Zugg.			Nachkontrolle nicht dfb.
60	1	57	Uln	-	K	H	keine		straffe Pseudarthrose Patient beschwerdefrei	
61	2	43	Mcarp. II-IV	-	Kp.+Cerclage	H	Kleinfragmentplatte	+	nach läng. Belastung	
62	2	53	Olecranon	-	Zuggurtung	-	Zugg.+Schr. nach läng.	Handgel.eingeschr.	Belastg.	Trümmerfraktur
63	1	24	Tib	-	K	H	Drpl.+Fibulotomie	+	nach läng. Belastung	
64	1	46	Fe	-	Drpl. I	H	14L Drpl.+Span + Spongiosa	Verkürzung		I=Plattenbruch verwahrloster
65	2	48	Tib	-	K	A	Fibulotomie	-	bei jeder Belastung	
66	1	68	Fe Collum	-	MN	A		Apoplexie		Lungenembolie ad exitum
67	1	28	Tib	-	K	H	Dekortication +Fib.tom+Spong.			keine Nachkontrolle
68	2	65	Tib	Fib	K	H	Drpl.			ad exitum
69	1	16	Clav	Costa	K	H	Drpl.	+	-	

70	1	46	Clav	-	K	H	Rp.+Anfrischung	+	nach läng. Belastung
71	2	42	Rad	-	MN	H	Drpl.	+	-
72	2	27	Clav	-	Rp.	H	Drpl.	+	-
73	1	36	Olecranon	-	Zuggurtung	Def. Schraube		alle extremen Beweggn. schmerzhaft	
74	1	21	Uln	Rad	MN	H	Drpl.+Radiotomie	+	-
75	1	24	Clav	I. 4	keine	A	Drpl.	+	nach läng. Belastung
76	1	53	Clav	-	Rp.	A		+	nach läng. Belastung
77	1	45	Clav	-	Rp.(gebroch.)	H	keine		straffe Pseudarthrose Pat.beschwerdefrei
78	1	56	Fe Collum	-	SP Nagel	Ost-myel.	Mat.Entferng.	Spüldrainage	Herzversagen ad exitum
79	1	43	Tib	-	Cerclage	H	Drpl.+Fibulotomie	+	nach läng. Belastung
80	1	61	Fe Collum	-	AO Nagel	A	Moorprothese	+	Belastungsschmerz
81	1	66	Tib	Clav Costa	Drpl. I	H	Fibulotomie	?	I=Infektion
82	1	60	Tib	Fib	Rp.	H	MN	?	

Zusammenfassung

Bei der Durchsicht der Krankengeschichte eines Pseudarthrosepatienten fällt dem Betrachter manchmal sofort ein Fehler in der Frakturbehandlung auf. Auch wenn dies nicht der Fall ist, kann man aber bei genauerer Betrachtung des Behandlungsberichtes einen Punkt finden, zu dem man nachträglich sagen kann: Hier hätte man anders handeln müssen, um die Entstehung der Pseudarthrose zu verhindern, denn eine Fraktur, die optimal reponiert und ruhiggestellt wird, bildet keine Pseudarthrose. Es sei denn ein Defekt ist von vornherein da oder eine Infektion kommt dazu.

Wir haben gesehen, dass das Alter auf die Pseudarthroseentstehung keinen direkten Einfluss ausübt, sondern nur indirekt über die Unfall- bzw. Frakturhäufigkeit sich auswirkt.

Der allgemeine Gesundheitszustand hat auch nur dann Einfluss auf die Pseudarthroseneigung, wenn schwere Elektrolyt-, Vitamin- oder Stoffwechselstörungen vorliegen.

Als allgemeine Erkrankung zur Zeit der Frakturierung fanden wir 12 mal eine commotio cerebri, 13 mal grössere Fleischwunden, eine Gravidität, eine Schizophrenie, eine schwerste Arteriosklerose und einmal einen Diabetes-mellitus.

Bei 30 Patienten, es sind 34 %, lagen zwei oder mehrere Frakturen vor. Auf eine Ueberforderung der Regenerationskraft des Körpers wird aber nicht geschlossen.

Von den lokalen pathologischen Befunden ist die Osteomyelitis die einzige in unserem Material vertretene. In keinem Fall war eine Metastase, Knochentuberkulose oder osteolytischer Herd anderer Genese vorhanden.

Die Geschlechtsverteilung zeigt, dass unter den Pseudarthrosepatienten das männliche Geschlecht fast doppelt so oft vertreten ist wie das weibliche.

Von der vor der Pseudarthroseentstehung durchgeführten Frakturbehandlung haben wir festgestellt, dass die Fraktur 48 mal konservativ und 37 mal operativ behandelt worden war. Insgesamt überwiegt also in dem Material die konservative Frakturbehandlung. Schon innerhalb der 5 Jahre, die unser Krankengut umfasst, können wir aber einen deutlichen Trend zur operativen Behandlung feststellen. Im Jahre 1965 - 1966 war das Verhältnis konservative : operative Frakturbehandlung 2,2 : 1, währenddem es in den Jahren 1968 - 1969 2,6 : 1 "zugunsten" der operativen Methode zeigte.

Es hat sich gezeigt, dass so gut wie alle Pseudarthrosen operativ fixiert werden. Ausnahmen machen einige straffe Pseudarthrosen des Schlüsselbeins, die keiner Therapie bedürfen. Jeweils eine Clavicula- und eine Tibiapseudarthrose sind nach konservativer Behandlung abgeheilt.

Die überwiegende Zahl der Pseudarthrosen sind mit Platten nach der AO-Methode fixiert worden. Bei genauer Indikation ist auch der Marknagel benützt worden. Beide Methoden lassen sich, wenn erforderlich, mit einer Knochentransplantation vereinigen.

Die für den Patienten angenehmste und auch die in der heutigen Zeit so oft betonten sozialökonomischen Aspekte am besten befriedigende Behandlungsmethode ist die belastungsstabile Osteosynthese. Diese ist leider nicht immer erreichbar, aber auch die Uebungsstabilität bedeutet für den Patienten eine grosse Erleichterung der Gipsbehandlung gegenüber. Zudem sind die Heilungschancen der Pseudarthrose durch die garantierte Ruhe erheblich besser als bei konservativer Behandlung.

Bei den verschiedenen Pseudarthrosen haben wir folgende Erfahrungen gemacht:

Die Claviculapseudarthrosen lassen sich mit der Plattenver-

schraubung am besten behandeln. Wenn die Platte nicht anbringbar ist, ist die Zuggurtung über zwei Kirschnerdrähte ein guter Ersatz.
Die Humeruspseudarthrosen wurden alle mittels der Druckplatte stabilisiert. Von einer Amputation abgesehen, sind die Behandlungsergebnisse gut.
Den zweitgrössten Anteil der Pseudarthrosen machten bei uns die Ulnarpseudarthrosen aus. Die häufigste Behandlung bestand auch hier in der Anlegung einer Druckplatte, wenn erforderlich, in Kombination mit einer Radiotomie oder Spanverpflanzung.
Von den 7 Radialispseudarthrosen wurden 6 mittels einer Druckplatte versorgt, eine Pseudarthrose wurde mit 2 Corticalisschrauben zur Heilung gebracht.

Die häufigste Komplikation nach Pseudarthrosebehandlung am Unterarm sind Einschränkungen der Rotationsbewegung. Die bei uns vorkommenden geringen Einschränkungen, ca. 10 Grad im Durchschnitt, stören wenig. Ein Ulnarvorschub, der zur Bewegungseinschränkung im Handgelenk führt, lässt sich relativ leicht beseitigen.

Die Therapie der Fingerpseudarthrosen ist problematisch und Bewegungseinschränkungen waren häufig. Bei den letzten 3 Patienten wurden AO-Kleinfragmentplatten angelegt und diese drei Patienten sind alle völlig beschwerdefrei geworden. Die Platte scheint also auch bei den kleinsten Röhrenknochen das Mittel der Wahl zu werden.

Die beiden am Femurschaft entstandenen Pseudarthrosen sind nach der Verschraubung mit langen Platten geheilt worden.

Bei der Schenkelhalspseudarthrose kann man bei jüngeren Patienten eine Umlagerungsosteotomie versuchen, bei den älteren sollte man aber nicht zögern, eine Kopf- oder Totalprothese einzupflanzen.

Den grössten Anteil der Pseudarthrosen machten mit 24 % die Tibiapseudarthrosen aus. Sie wurden hier 12 mal mit der Druckplatte verschraubt, 1 mal mit Corticalisschrauben, 1 mal mit dem Küntschernagel genagelt, 3 mal reichte die alleinige Fibulotomie aus und eine infizierte Tibiapseudarthrose heilte im Gehgips aus.

Die Ergebnisse der oft langwierigen Tibiapseudarthrosentherapie sind gut. Eventuelle Beschwerden im oberen Sprunggelenk stammen meist von der bei der Frakturierung gesprengten tibio-fibularen Syndesmose.

Zum Behandlungsergebnis im ganzen ist zu sagen, dass bei 70 % der Patienten ein Restitutio ad integrum erreicht worden ist. Bei den Patienten, die nicht völlig beschwerdefrei geworden sind, wird am häufigsten der Schmerz nach längerer stärkerer Belastung angegeben.

Unter den Bewegungseinschränkungen sind mit einem Anteil von 65 % die Pro- und Supinationseinschränkungen nach Vorderarmpseudarthrosen am häufigsten.
Unter unseren Patienten waren die Einschränkungen aber meist sehr gering, für ca. 10 °. Die Pro- und Supinationsbewegung ist funktionell sehr wichtig, geringere Einschränkungen werden aber leicht durch Mitbewegungen im Schultergelenk ausgeglichen.

Die Behandlung der Pseudarthrose verlangt vom Arzt grosse Erfahrung. Wenn diese vorhanden ist, ist die überwiegende Zahl der Pseudarthrosen mit einem sehr guten Ergebnis zu heilen.

Literaturhinweise

AXHAUSEN, W.: Behandlung der verzögerten und der ausgebliebenen Knochenbruchheilung
Langenbeck Arch.Klin.Chir. 325, 825 (1969)

- Zbl. Chir. 76, 402 (1951)

BAUER, K.H.: Ergebnisse und Spätresultate der Doppelbolzung bei 58 Schenkelhalspseudarthrosen.
Brun's Beitr. Kl.Chir. 191, 4 (1955)

BEDACHT, R.: Knochenbruchbehandlung und Knochenbruchheilung
Fortschr. Med. 89, 407 (1971)

BELENGER, J., und M. SIMONS: Le traitement des pseudarthroses posttraumatiques du tibia par tibialisation du péroné. Acta.orthop.belg. 33, 907 (1967)

BLOCK, W.: Normale und gestörte Knochenbruchheilung
Neue Deutsche Chirurgie 62, Stuttgart 1940

BÖHLER, L.: Technik der Knochenbruchbehandlung. Wien 1953

- Die Verhütung der Pseudarthrosen
Mschr. Unfallheilk. 94, 77 (1968)

BROICHMANN, R.: Behandlungsergebnis der Pseudarthrosen. Ein Bericht aus der Chirurg. Univ. Klin. München aus den Jahren 1950-1962. München Med.F.Diss. vom 6. Juli 1965

BÜRKLE DE LA CAMP, H.: Wandlungen und Fortschritte in der Lehre von den Knochenbrüchen.
Langenbeck Arch.Klin.Chir. 276, 163 (1953)

- Anzeigenstellung zur Pseudarthrosebehandlung mit Auswahl des Behandlungsverfahrens. Zbl.Chir. 82 I, 1092 (1957)

- Zur Pseudarthrosebehandlung mit Knochenverpflanzungen. Helv.Chir.Acta. 20, 383 (1953)

CAUCHOIX, J., et S. HAUTIER: Pseudarthroses fistulisées de jambe. A propos de 37 observations.
Rev.Chir.orthop. 54, 107 (1968)

COTTER, H.: Besondere Probleme bei der Pseudarthrosebehandlung. Mschr.Unfallheilk. 94, 63 (1967)

CRONE-MÜNZEBROCK: Kallusbildung unter dem Einfluss allgemeiner Faktoren (Hormone). Zbl.Chir. 82 I, 1094 (1957)

DAHMEN, G., und W. KOCH: Histologische Untersuchungen über den Einbau heterologer, macerierter Knochenimplantate. Arch.Orthop.Unfallchir. 54, 139 (1962)

DÜRR, W.: Pseudarthrosen nach Osteosynthesen. Mschr.Unfallheilk., H. 94, 69 (1968)

- Pseudarthroseentstehung infolge unzureichender Osteosynthesen. Chirurg 39, 192 (1968)

ECHE, H., K. ROMPEL, L. GRABOW: Tierexperimentelle Untersuchungen zur Bestimmung der Qualität von Knochenspänen verschiedener biologischer Herkunft für Transplantationszwecke. Langenbeck Arch.Klin.Chir. 307, 179 (1964)

FEHR, A.M.: Die Behandlung der Pseudarthrose und ihre Ergebnisse. Helv.Chir.Acta. 20, 355 (1953)

GENEWEIN, R., K. MOHR, F.L. RUEFF: Ursachen und Therapie der Pseudarthrosen. Mch.Med.Wschr. 110, 845 (1968)

GREIFENSTEINER, H.: Brun's Beitr. Kl.Chir. 187, 219 (1953)

GURLT, E.: Handbuch der Lehre von den Knochenbrüchen. Berlin 1862.

HAMMES, M.: Behandlung und Erfolg von 168 Pseudarthrosen. Köln Med.F., Diss. vom 15. Febr. 1965

HERNER, B.: Auswirkung von Krankheit und anderer Gesundheitsstörungen auf die Verkehrssicherheit. Mschr. Verkehrsmedizin 14, 140 (1968)

HIRSCHFELD, S.: Die biologischen Vorzüge der Spongiosaplastik nach Matti bei der Pseudarthrosebehandlung. Zbl. Chir. 84, 57 (1959)

HOFFMANN, R.: L'Ostéotaxis. Ostéosynthèse transcutanée par fiches et rotules. Edition Gead. Paris 1951

HOLMSTRAND, K., J.J. LONGARCE, G.A. DE STEPHANO: Biophysical Investigations of Bone Transplants. Plast.reconstr.Surg 19, 265 (1957)

IONESCU, M., AL. TEMELIE, und I. MARIN: Ueber die Behandlung der infizierten schweren Pseudarthrose des Unterschenkels. Chirurgia (Bucuresti) 16, 775, Engl.Dt.Franz. Zusammenfassung 1967

ISELIN, M., AFANASSIEFF und EGAWA.: Elektrophoretische Untersuchungen über die Reaktion des Knochens auf osteosynthetisches Material.
Langenbeck Arch.Klin.Chir. 305, 41 (1963/64)

JUDET, R., J. JUDET, et R. RAY-CAINELLE: La vascularisation des pseudarthroses des os longs d'apres une etude clinique et experimentales.
Rev.Clin.orthop. 44, 381 (1958)

KROMPRECHTER, S.: Die Knochenbildung. Fischer Verlag Jena 1937

KÜNTSCHER, G.: Behandlung der Pseudarthrose mittels geschlossener Marknagelung.
Langenbeck Arch.Klin.Chir. 325, 959 (1969)

- Der Heilungsvorgang bei der Pseudarthrose.
Zbl. Chir. 84, 49 (1959)

KEIL, H.R.: Betrachtung über Entstehung, Behandlung und Ergebnisse bei 54 nachuntersuchten Pseudarthrosen des Tibiaschaftes. Mschr. Unfallheilk. 71, 143 (1968)

LANGE, M.: Orthopädisch-chirurgische Operationslehre.
Verlag Bergman Mchn 1962

LEXER: Die freien Transplantationen.
Stuttgart, Ferd.Enke Verlag 1924

MAATZ, R.: Die Federosteosynthese. Kiel 1948

- Langenbeck Arch.Klin.Chir. 264, 134 (1950)

MANZONI, A.: Beiträge zur operativen Behandlung der Pseudarthrosen der langen Knochen.
Arch.orthop.Unfall-Chir. 59, 46 (1966)

MATTI, H.: Zbl.Chir. 63, 1442 (1936)

MATZEN, P.F.: Lehrbuch der Orthopädie I. 2.Aufl. 1967 Berlin

MAURER, P., J. EVRARD, und J. BENOIT: Pseudarthroses infectées de jambe. Rev.Chir.orthop. 54, 147 (1968)

MOSKIN, V.J.A.: Résultats des ostéoplasties pour les defects osseu du tibia après ostéomyélite hématogine.
Ortop.Travm.Protez. 23, 37 (1962)

MÜLLER, M.E., R. SCHENK, H. WILLENEGGER: Histologische Untersuchungen an experimentell erzeugten Pseudarthrosen.
Helv.chir.Acta 35, 301 (1968)

MÜLLER, M.E., R. SCHENK, H. WILLENEGGER: Technik der operativen Frakturenbehandlung.
Springer Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg 1963

- M. ALLGÖWER, H. WILLENEGGER: Manual der Osteosynthese. AO-Technik. Springer Verlag 1969

- und BOITZY: Le traitement des pseudarthroses fistulisées de jambe. Rev.Chir.ortop. 54, 139 (1968)

OLDENBURG, D.: Spätergebnis einer osteomyelitischen Tibiapseudarthrose. Ref.Z.Orthop. 96, 283 (1962)

OLLIER, L.X.: Traitément expérimental et clinical de la regeneration des os. J. Physiol. Paris 3, 88 (1860)

ORELL, S.: Die Bedeutung biomechanischer Faktoren bei der Knochenheilung. Helv. chir.Acta. 23, 1 (1956)

OSTAPOWICZ, G.: Pseudarthrose und ihre Therapie.
Brun's Beitr. Kl.Chir. 205, 1 (1962)

PAUL, D., K. KÜHNEL, und C. MÜLLER: Spätergebnisse der konservativen Behandlung von Unterschenkelfrakturen.
Arch.Orthop.Unfallchir. 66, 156 (1969)

PAUWELS, F.: Die Biomechanik der Knochenbruchheilung.
Verh. dtsch. orthopäd. Ges. 1940.

- Langenbeck Arch.Klin.Chir. 262, 403 (1949)

PEER, S.: Treatment of ununited fractures by onlay bone grafts without luxation. J. Bone Jt Surg. 29, 946 (1947)

PETROKOV, V.: Die Biomechanik der Kallusbildung und experimentelle Bewertung der Druckosteosynthese.
Brun's Beitr. Kl.Chir. 205, 265 (1962)

PHEMISTER, D.B.: Ueber Knochentransplantationen als Behandlungsmethode bei verzögerter und nicht erfolgter Konsolidation von Frakturen.
20th Ann.clin.Congr. of Amer.Coll of Surg. Philadelphia 1930

- J. Bone Jt Surg. 29, 946 (1947)

REHN, J.: Die Behandlung von Pseudarthrosen.
Mschr. Unfallheilk. 94, 10 (1968)

RITTER, U.: Subperiostale Spananlagerung nach Phemister oder intracorticale Spaneinlagerung zur Pseudarthrosebehandlung. Zbl. Chir. 80, 1105 (1955)

RITTER, U.: Der gebrauchsfertige Ampullenspan in der Wiederherstellungschirurgie.
Langenbeck Arch.Klin.Chir. 282, 673 (1955)

RUEFF, F.L., und R. BEDACHT: Zur Behandlung von Frakturen der Extremitäten. Med. Klin. 63, 1862 (1968)

- R. GENEWEIN, K. WILHELM: Zur operativen Behandlung der offenen Unterschenkelfraktur.
Mchn.Med.Wschr. 14, 838 (1968)

SANDER, E., und G. STAUDE: Ursachen und Behandlung der Pseudarthrose langer Röhrenknochen.
Zbl. Chir. 93, 680 (1968)

SCHENK, R., und H. WILLENEGGER: Histologie der primären Knochenheilung. Arch.Klin.Chir. 308, 440 (1964)
Experientia 19, 593 (1963)

- MÜLLER, H. WILLENEGGER: Experimentell-histologischer Beitrag zur Entstehung und Behandlung von Pseudarthrosen. Mschr. Unfallheilk. 94, 15 (1968)

SCHILLING, H.: Die traumatische Myositis ossificans.
Brun's Beitr. Kl.Chir. 201, 420 (1960)

- und P.F. NOCKEMANN: Histologische Betrachtungen über tierexperimentelle und klinische Erfahrungen mit einem heteroplastischen Knochenmaterial.
Mschr. Unfallheilk. 65, 227 (1962)

SCHINK, W.: Pathophysiologie der Pseudarthrose.
Langenbeck Arch.Klin.Chir. 325, 804 (1969)

SCHLOSSER, V.: Beitrag zur Pathogenese und Therapie Pseudarthrosen langer Röhrenknochen.
Mschr. Unfallheilk. 94, 57 (1968)

SCHUMANN, H.D.: Lexerplastik oder Phemisterplastik.
Langenbeck Arch.Klin.Chir. 282, 667 (1955)

SOLOMON, D.: Accidents on main rural highways related to speed, driver and vehicle.
US. Government Printing Office Washington Juli 1964

SÖRENSEN, K.H.: Treatment of delaged unions and non unions of the tibia by fibulus resections.
Acta ortop. Scand. 40, 92 (1969)

THORBAN, W.: Die Knochenheilung im dystrophischen Knochen. Langenbeck Arch.Klin.Chir. 308, 479 (1963)

THORSON, J.: Trafikskadade i Uppsala sjukvårdsregion. Läkartidningen 68, 1917 (1971)

WAGNER, H.: Die Einbettung von Metallschrauben im Knochen und die Heilungsvorgänge des Knochengewebes unter dem Einfluss der stabilen Osteosynthese. Langenbeck Arch.Klin.Chir. 305, 28 (1963/64)

WALCHER, K.: Hat die Behandlung der Kallusverzögerung und Pseudarthrose am Unterschenkel mit der Spananlagerung nach Phemister heute noch ihre Berechtigung. Arch.orthop.Unfall-Chir. 66, 226 (1969)

WELLER, S.: Behandlungsprinzipien von Pseudarthrosen. Chirurg 38, 445 (1967)

- Die Bedeutung der Osteosynthese bei der Behandlung von Pseudarthrosen. Langenbeck Arch.Klin.Chir. 325, 815 (1969)

- Zur Behandlung der Falschgelenkbildungen bei Oberschenkelschaftbrüchen. Mschr.Unfallheilk. 94, 54 (1968)

WITT, A.N., K. WALCHER, und K.P. SCHULITZ: Pseudarthrosebehandlung bei Kindern und Jugendlichen. Arch.ortop.Unfall-Chir. 63, 308 (1968)

- Wandlungen in der Behandlung der Kallusverzögerung und Pseudarthrosen. Verh.dtsch.orthop.Ges. 50, 313 (1962)

- Die Behandlung der Pseudarthrose unter besonderer Berücksichtigung der autoplastischen Spantransplantationen bei Defektpseudarthrosen. Berlin 1952.

- Die Defektpseudarthrose. Mschr. Unfallheilk. 94, 24 (1968)

WORST, P.: Wandlungen in der Behandlung der Pseudarthrose. Freiburg i.B. Med.F.Diss. 1965

ZENKER, R.: Zur operativen Behandlung traumatischer Pseudarthrosen. Dtsch.Med.Wschr. 31/32, 439 (1947)

ZORN, B., K.J. MÜNZENBERG, H. RÖSSLER: Ueber Komplikationen und Fehler bei der Verwendung des Instrumentariums der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese. Z.Orthop. 106, 264 (1969)

Lebenslauf

Am 12.10.1944 wurde ich in der schwedischen Stadt Karlskoga geboren. Die Volksschule und das Gymnasium besuchte ich in meiner Geburtsstadt, in der ich im Frühjahr 1964 mein Abitur ablegte. Nach abgeleisteter Militärdienstzeit begann ich im Herbst 1965 mein Medizinstudium an der Ludwig Maximilians-Universität in München. Im Sommer 1968 legte ich die ärztliche Vorprüfung ab und im Frühjahr 1972 das ärztliche Staatsexamen.